Universitas Negeri Medan
Jurusan Matematika

2024
PROSIDING
SEMINAR NASIONAL MATEMATIKA

Transformasi, Rekonstruksi, dan integrasi keilmuan dalam pembelajaran matematika menuju era inovasi dan kolaborasi



Prof. Dr. Syawal Gultom, M.Pd
Narasumber 1



Prof. Dr. Ferra Yanuar, M.Sc
Narasumber 2



Dr. Ani Sutiani, M.Si
Opening Speech



20
NOVEMBER
AT 9 AM

Vol 3 (2024)

Visit our website
semnasmatematika.com

2024
PROSIDING SEMINAR NASIONAL MATEMATIKA
TRANSFORMASI, REKONSTRUKSI, DAN INTEGRASI KEILMUAN DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA MENUJU ERA INOVASI DAN KOLABORASI

CV. KES

2024

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL MATEMATIKA

TRANSFORMASI, REKONSTRUKSI, DAN INTEGRASI KEILMUAN DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA MENUJU ERA INOVASI DAN KOLABORASI

Penulis
Peserta Prosiding Seminar Nasional Matematika 2024

Penerbit
CV. Kencana Emas Sejahtera
Medan
2025

2024

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL MATEMATIKA

TRANSFORMASI, REKONSTRUKSI, DAN INTEGRASI KEILMUAN DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA MENUJU ERA INOVASI DAN KOLABORASI

©Penerbit CV. Kencana Emas Sejahtera
All right reserved
Anggota IKAPI
No.030/SUT/2019

Hak cipta dilindungi oleh Undang-undang
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku tanpa izin tertulis dari Penerbit

Penulis
Peserta Prosiding Seminar Nasional Matematika 2024

TIM EDITOR

Diterbitkan pertama kali oleh
Penerbit CV. Kencana Emas Sejahtera
Jl.Pimpinan Gg. Agama No.17 Medan
Email finamardiana3@gmail.com
HP 082182572299 / 08973796444

Cetakan pertama, Juli 2025
xii + 882 hlm; 21 cm x 29,7 cm
ISBN:978-634-7059-33-8

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karuniaNya, sehingga Buku Abstrak Prosiding Seminar Nasional Matematika yang diselenggarakan Jurusan Matematika, FMIPA Universitas Negeri Medan. Kegiatan ini mengusung tema Transformasi, Rekonstruksi, dan integrasi keilmuan dalam pembelajaran matematika menuju era inovasi dan kolaborasi dengan keynote speaker Prof. Dr. Syawal Gultom, M.Pd. dan Prof. Dr. Ferra Yanuar, M.Sc. serta Dr. Ani Sutiani, M.Si. sebagai *Opening Speech*. Tujuan kegiatan ini selain menciptakan lingkungan akademik di lingkungan jurusan matematika FMIPA Universitas Negeri Medan, juga menjadi wadah untuk menyebaran pengembangan ilmu pada bidang matematika dan rumpun ilmu yang berkaitan. Kegiatan yang dilaksanakan pada tanggal 20 November ini diikuti oleh 228 peserta seminar dan 131 pemakalah (*presenter*) yang berasal dari beberapa institusi di tingkat Nasional. Artikel yang diterima terdiri dari dikelompokkan pada 4 bidang; (1) ilmu Komputer; (2) Pendidikan matematika; (3) statistik; dan (4) Matematika. Dari 131 Full Paper yang masuk, selain diterbitkan dalam bentuk prosiding, juga akan diterbitkan pada mitra publikasi jurnal kami; (1) Jurnal Fibonaci: Jurnal Pendidikan Matematika; (2) Journal of Mathematics, Compupations, and Statistics; (3) jurnal Zero: Jurnal Sains, Matematika dan Terapan dan (4) Journal of Didactic Mathematics

Kelancaran kegiatan persiapan kegiatan seminar ini telah didukung oleh jajaran pimpinan Universitas Medan, oleh karena itu Kami mengucapkan terima kasih kepada (1) Ketua Senat Universitas Negeri Medan; (2) Rekor Universitas Negeri Medan; (3) Dekan FMIPA Universitas; dan (4) ketua Jurusan Pendidikan. Kami juga mengucapkan seluruh pihak-pihak terkait yang tidak dapat kami sebutkan satu terutama Panitia Pelaksana dan partisipan dalam pelaksanaan seminar Nasional ini. Semoga prosiding Seminar Nasional Matematika ini, dapat memberikan wawasan dan melengkapi kemajuan teknologi pada bidang yang berkaitan dengan Matematika.

Medan, 7 Februari 2025
a.n Panitia Pelaksana

Dr. Yulita Molliq Rangkuti, S.Si, M.Sc

Thanks To

INVITED SPEAKER

Terima kasih kami ucapkan kepada Invite Speaker



Yulita M. Rangkuti, S.Si., M.Sc., Ph.D



Dr. Izwita Dewi, M.Pd



Dra. Nurliani Manurung, M.Pd.



Dra. Katrina Samosir, M.Pd



Kairuddin, S.Si., M.Pd.



Dr. Faiz Ahyaningsih, S.Si., M.Si.

EDITORIAL TEAM

Pengarah	Dr. Ani Sutiani, M.Si.
Penanggung jawab	Yulita Molliq Rangkuti, S.Si., M.Sc., Ph.D.
Editor	Suwanto, M.Pd.
Section Editor	Dinda Kartika, S.Pd., M.Si.
	Fevi Rahmawati Suwanto, S.Pd., M.Pd.
	Suci Frisnoiry, S.Pd., M.Pd.
	Sisti Nadia Amalia, S.Pd., M.Stat.
	Nurul Maulida Surbakti, M.Si.
	Glory Indira Diana Purba, S.Si., M.Pd.
Reviewer	Nurhasanah Siregar, S.Pd., M.Pd.
	Dr. Izwita Dewi, M.Pd.
	Mangaratua M. Simanjorang, M.Pd., Ph.D.
	Dr. KMS. Amin Fauzi, M.Pd.
	Dr. Mulyono, M.Si.
	Dr. Hamidah Nasution, S.Si., M.Si.
	Didi Febrian, S.Si., M.Sc.
	Dian Septiana, S.Pd., M.Sc.
	Dr. Faiz Ahyaningsih, M.Si.
	Said Iskandar Al Idrus, S.Si., M.Si.
	Dr. Arnita
	Sudianto Manullang, S.Si., M.Si.
	Susiana, S.Si., M.Si.

Pengarah
Dr. Ani Sutiani, M.Si.

Penanggung Jawab
Dr. Jamalum, M.Si.
Dr. Dewi Wulandari, S.Si., M.Si.
Dr. Rahmatsyah, M.Si.

Wakil Penanggung Jawab
Dr. Pardomuan Sitompul, M.Si.
Dr. Lasker P Sinaga, S.Si., M.Si.
Nurhasanah Siregar, S.Pd., M.Pd.
Dr. Hamidah Nasution, S.Si., M.Si.
Said Iskandar Al Idrus, S.Si., M.Si.
Sudianto Manullang, S.Si., M.Si.
Didi Febrian, S.Si., M.Sc.

Ketua
Yulita Molliq Rangkuti, S.Si., M.Sc., Ph.D.

Sekretaris
Elfitra, S.Pd., M.Si.

Bendahara
Arnah Ritonga, S.Si., M.Si.

Kesekretariatan
Nadrah Afiati Nasution, M.Pd.
Nurul Ain Farhana, M.Si.
Imelda Wardani Rambe, M.Pd.
Dian Septiana, S.Pd., M.Sc.

Publikasi dan Registrasi
Sri Dewi, M.Kom.
Fanny Ramadhani, S.Kom., M.Kom.

Promosi dan Humas
Dedy Kiswanto, S.Kom., M.Kom.
Tiur Malasari Siregar, S.Pd., M.Si.
Sri Lestari Manurung, S.Pd., M.Pd.

Logistik
Muhammad Badzlan Darari, S.Pd., M.Pd.
Putri Harliana, S.T., M.Kom.
Philips Pasca G. Siagian, S.Pd., M.Pd.

Seksi Acara
Ade Andriani, S.Pd., M.Si.
Dra. Nurliani Manurung, M.Pd.
Dra. Katrina Samosir, M.Pd.
Kairuddin, S.Si., M.Pd.
Ichwanul Muslim Karo Karo, M.Kom.

Konsumsi
Faridawaty Marpaung, S.Si., M.Si.
Marlina Setia Sinaga, S.Si., M.Si.
Erlinawaty Simanjuntak, S.Pd., M.Si.

Dokumentasi
Rizki Habibi, S.Pd., M.Si.

DAFTAR ISI

Kata Pengantar i
Invite Speaker ii
Editorial Team iii
Daftar Isi v

Daftar Artikel

Pembangunan Script Python untuk Menunjukkan Solusi dari Persamaan Diferensial Menggunakan Metode Extended Runge-Kutta
Khan A. J. M, Rangkuti Y. M., Nianda N., Hidayanti R 1

Pengembangan LKPD Berbasis PBL Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa SMP
Saragih, B. M., & Fuazi, M. A 12

Pengambilan Keputusan Pemberian Kredit Menggunakan Metode Fuzzy Weighted Product Pada KSP3 Nias Cabang Gunungsitoli
Hutapea, T.A., & Lase, K.N. 22

Peramalan Tingkat Inflasi Indonesia Menggunakan Machine Learning Dengan Metode Backpropagation Neural Network
Situngkir, K. M. 31

Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbasis Video Menggunakan Aplikasi Canva Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematika Peserta Didik
Siregar, A. V. & Sitompul, P. 41

Pengembangan Aplikasi Edutainment Berbasis Game Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Spasial Matematis Siswa SMA
Syaputra, F., & Siregar, T. M. 51

Pengaruh Pendekatan Matematika Realistik Berbantuan GeoGebra Terhadap Kemampuan Berpikir Komputasi Peserta Didik Kelas VIII
Saragih, C. A.Z. & Simanjuntak, E 61

Respon Positif Model Pembelajaran PMRI Berbasis Batak Toba Untuk Meningkatkan Kemampuan HOTS
Silaban, P. J., Sinaga, B., & Syahputra, E 70

Optimalisasi Pemahaman Konsep Matematis: Pengembangan Media E-Komik Digital Berbasis Pendekatan RME pada Siswa SMP PTPN IV Dolok Sinumbah
Limbong, D. K., & Fauzi, M. A 80

Revolusi Pembelajaran Matematika: Pengembangan E-Modul Interaktif dengan Model SAVI untuk Siswa SMP
Purba, I. N., & Hia, Y 89

Perancangan Pemrograman Analisis Dinamika Penyebaran DBD dengan Modifikasi Metode Runge-Kutta Kuntzmann Berbasis Rerata Pangkat P=1/2
Azzaki, F. A., Sinabariba, A. A., & Azzahra, D. P. 96

Deep Learning untuk Matematika: Pengenalan Rumus dengan Convolutional Neural Network
Tampubolon, A. P. H. S. M 105

Pengaruh Model Pembelajaran PBL Berbantuan Canva terhadap Hasil Belajar HOTS Materi Menggunakan Data Kelas VII
Anaiyah, N 115

Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif TipeThe Power of Two Terhadap Keahlian Komunikasi Matematis Siswa
Siahaan, E. E., Manurung, N., & Siagian, P. P. G. 122

Optimasi Jumlah Produksi Toko Kuala Jaya Menggunakan Metode Branch and Bound (Studi Kasus: Toko Kuala Jaya, Pantai Labu)
Pandiangan, W. P. 130

Pengelompokan Pasien dengan Faktor Penyakit Jantung Menggunakan Metode Principal Component Analysis dan K Nearest Neigbors
Hutapea, B. A. 139

Perbandingan Proporsionalitas Metode Sainte-Laguë dan D'Hondt dalam Penentuan Alokasi Kursi Legislatif Menggunakan Indeks Least Squares
Wulandari, G. A., & Sutanto 148

Penentuan Penerima Bantuan Langsung Tunai Dana Desa Menggunakan Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (AHP)
Lumbanraja, I. A., & Hutapea, T. A. 157

Maksimalisasi Keuntungan pada UMKM Batagor dan Tahu Walik Menggunakan Metode Simpleks dan POM-QM
Maria, N. S., Marbun, M., Zendrato, M. A., Silalahi, N. D., Zandroto, N., Rizki, P., & Tarigan, P. 166

Optimalisasi Produksi Bakpao dengan Program Linier Menggunakan Metode Simpleks pada Usaha Bakpao Jumat Berkah
Saragih, A. G., Wardana, A., Khumairah, A., Adhawina, R., Gisty, R. A., Angraini, S., & Simanjuntak, E. 174

Pengaruh Pendekatan Matematika Realistik Berbantuan Macromeda Flash Terhadap Kemampuan Koneksi Matematis Siswa Kelas VIII SMP Negeri 1 Nibung Hangus)
Wahyuni, S., & Nasution, H. 180

Maksimasi Keuntungan Dari Penjualan Freenchies Tahu.Go Outlet Tempuling Dengan Menggunakan Linear Programming Metode Simpleks dan Aplikasi Operational Research
Tarigan, G. H., Putri, I., Simanungkalit, I., Sitepu, I. D. A., Khafifah, S., Tampubolon, S. T. V., & Simbolon, S. S. D. 189

Pengembangan Hypoyhetical Learning Trajectory untuk Mendukung Pemahaman Konsep Luas Bangun Datar pada Siswa Kelas VII
Kasiani, P. & Nasution, A. A. 197

Pembangunan Syntax Python berbasis Metode Runge Kutta Orde Kelima Tahap Keenam untuk Menyelesaikan Masalah Nilai Awal
Manurung, E. V., Rangkuti, Y. M., Faris, M., & Lestari, D. 208

Pembangunan Python Script berdasarkan Metode Runge-Kutta Orde Lima berbasis pada Rata-rata Heronian untuk Menyelesaikan Model Lengan Robot yang diperkecil
Gultom, J. M., Permadi, W. W., Pohan, N. R. K., & Rangkuti, Y. M. 216

Pembangunan sintax Python berbasis Metode Modifikasi Runge-Kutta Verner untuk menunjukkan perilaku bulliying
Ramadhan, R., Rangkuti, Y. M., Paul, I., & Calista, A. 224

Pembangunan Algoritma Runge-Kutta Fehlberg dengan Python untuk menyelesaikan Sistem Osilasi Harmonik
Fahrezi, B. A., Istiara, S., M Siregar, M. R. D., & Rangkuti, Y. M. 232

Klasifikasi Kerusakan pada Gigi Manusia dengan Menggunakan Metode Ekstraksi Fitur Hybrid dan Algoritma KNN
Pohan, N. R. K., Fadluna, E. P., Ananda, D., & Kiswanto, D. 240

Analisis Dinamik Sistem Reaksi Difusi Model Fitzhugh–Nagumo
Manurung, D. R. M., & Sitompul, P. 250

Estimator Modified Jackknife untuk Mengatasi Multikolinieritas pada Regresi Poisson (Studi Kasus: Angka Kematian Bayi di Provinsi Sumatera Utara)
Nadya, F., & Manulang, S. 261

Peran Etnomatematika Budaya Melayu Terhadap Pembelajaran Matematika di Sekolah
Wahyuni, F. 273

Filosofi Pembelajaran Berdifferensiasi Dalam Pembelajaran Matematika Ditinjau dari Kearifan Lokal Batak Toba
Simanjuntak, S. D. & Sitepu, I. 283

Strategi Optimalisasi Keuntungan Usaha Jus Buah melalui Metode Simpleks
Siagian, J. A., Naibaho, J. S., Lestari, J. A., Lubis, S. I. A. R., Sidauruk, V. P., Saputra, Y. A., & Simanjuntak, E. 290

Model Regresi Data Panel dalam Menentukan Faktor yang Berpengaruh Terhadap Tingkat Stunting di Provinsi Sumatera Utara
Dalimunthe, I. Z., & Simamora, E. 296

Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Geometri Menggunakan Newman Error Analysis (NEA) pada Pendekatan Matematika Realistik Di SMP Negeri 43 Medan
Wibowo, M. R. & Fauzi, M. A. 304

Implementasi Metode Shannon-Runge-Kutta-Gill dalam Model SIR untuk Prediksi Penyebaran COVID-19: Pendekatan Numerik dengan Python
Hidayat, M. F., Rangkuti, Y. M., Nasution, S. A. B., & Ginting, J. A. P. 316

Pengembangan Video Pembelajaran Matematika Berbasis Model Pembelajaran Kooperatif Tipe STAD untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa SMP Kelas VIII
Sinaga, E. P., & Sitompul. P. 326

Pengoptimalan Seleksi Tim PON Esports Mobile Legends Perwakilan Sumatera Utara Menggunakan Metode Algoritma Genetika dan Regresi Linear Berganda
Silitonga, R. & Febrian, D. 335

Optimalisasi Pemilihan Pupuk Sawit Terbaik di PTPN IV Marihat dengan Metode WASPAS
Parinduri, M.A. & Sinaga, L. P. 345

Pengembangan E-Modul Berbasis STEAM Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Di SMP Negeri 1 Patumbak
Nasution, N. H., & Samosir, K. 351

Penggunaan Metode Simpleks dalam Mengoptimalisasi Keuntungan Penjualan Es Kul-Kul
Waruwu, F., Andini, C. R., Simamora, D. K., Febrianti, D. A., Simamora, E. F., Tambunan, E. E., & Silaban, G. S. 360

Pengaruh Model Pembelajaran Discovery Learning Berbantuan Geogebra terhadap Kemampuan Penalaran Matematis Siswa Kelas VIII SMPN 35 Medan
Bakara, N. E. E. 367

Pemodelan Waktu Keberangkatan Bus pada Angkutan antar Kota antar Provinsi Jalur Semarang- Surabaya Menggunakan Aljabar Max-Plus
Muzammil, A., & Arifin, A. Z. 374

Pembangunan Python Berdasarkan Metode Runge-Kutta Order Keempat Berbasis Rataan Harmonik Untuk Menunjukan Perilaku Chaotic Sistem Ro¨Ssler
Tambunan, L., Sidabutar, Y. S. M., Harahap, J. & Rangkuti, Y. M. 380

Implementasi Graf Dan Metode Webster Dalam Optimasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas (Studi Kasus: Simpang Pemda Flamboyan Raya)
Manurung, Y. T. F., & Hutabarat, H. D. M. 389

Etnomatematika Alat Musik Simalungun Gondang Sipitupitu
Situngkir, F. L., Gultom, S., & Simanjorang, M. 396

Pembangunan Algortima Metode Runge-Kutta Orde Ketiga Rataan Aritmatika untuk melihat dinamika Penyebaran penyakit Demam Berdarah
Manurung, G. K. D., Safitri, E., Sibarani, R. H. R., & Rangkuti, Y. M. 403

Upaya Meningkatkan Kemampuan Representasi Matematis Peserta Didik Kelas VII Menggunakan Model Pembelajaran Kontekstual
Handari, I. S. & Sitompul, P. 413

Simulasi Monte Carlo dalam Memprediksi Distribusi Kursi DPR RI Jawa Tengah dengan Metode Sainte-Lague
Iriantini, D. S. & Sutanto. 421

Penerapan Fuzzy Logic Tsukamoto dalam Memprediksi Jumlah Stok CPO Tahun 2024 di PTPN IV Unit Dolok Ilir
Anggriani, D. & Hutapea, T. A. 431

Aplikasi Model ARIMA dan Modifikasinya dalam Peramalan Jumlah Penumpang di Pelabuhan Tanjung Perak
Rizal, J., Lestari, S. P., & Tolok A. N. 439

Prediksi Harga Penutupan Saham BBCA dan BBNI dengan Algoritma K-Nearest Neighbor
Saragih, E. N. 452

Perbedaan Kemampuan Komunikasi Matematis Peserta didik Menggunakan Model PBL dan Model DL
Hutahaean, B. N., & Widyastuti, E. 461

Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbantuan Articulate Storyline Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah pada Peseta Didik Kelas XI SMA
Debora, C. E., & Siagian, P. 465

Studi Literatur: Inovasi Pembelajaran Matematika pada Era Kolaboratif
Tania, W. P. 471

Efektivitas LKPD Berbantuan Classpoint untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa Kelas VIII
Cahyani, A. P. R., & Siregar, T. M. 479

Pengembangan Media Interaktif Berbasis Android Berbantuan Articulate Storyline Untuk Meningkatkan Kemampuan Penalaran Matematis
Pane, A. W. S., & Purba, G. I. D. 486

Sistem Pendukung Keputusan Pemilhan Laptop Terbaik dengan Pendekatan Gabungan AHP dan TOPSIS (Studi Kasus: FMIPA UNIMED).
Tampubolon, J. 494

Pembelajaran Aljabar di SMP Dengan Pendekatan Game melalui Metode Drill and Practice dalam Pengembangan Aplikasi Cymath
Lubis, R. A., Irvan, & Azis, Z. 505

Analisis Kecanduan Game Online dengan Model SEIPTR
Carli, S. G., & Sinaga, L. P. 515

Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Web dengan Pendekatan Problem Based Learning (PBL) pada Materi Scratch Kelas VII SMP
Ahmad, F. L., Nugroho, A. L., Anjarsari, D. D., Rahmayanti, R., & Ningrum, G. D. K. 527

Upaya Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematika pada Peserta Didik Autisme melalui Explicit Instruction dengan Media Permainan Edukatif
Agustia, A. 536

Analisis Perbandingan Proporsionalitas Metode Andre Sainte-Lague dan Modifikasinya pada Alokasi Kursi Pemilu Legislatif DPR RI Jawa Tengah 2024
Fourindira, D. A. & Sutanto 545

Pengembangan Media Pembelajaran Web Interaktif Menggunakan Pendekatan Berdiferensiasi Pada Elemen Teknologi Informasi Dan Komunikasi Dengan Model Problem Based Learning
Alfan, M., Faisal, R., & Aprilianto, P. 556

Penerapan Regresi Semiparametrik Spline Truncated dalam Memodelkan Angka Harapan Hidup di Sumatera Utara
Wulan, C. W. & Mansyur, A. 567

Analisis Prediksi Saham Emas PT Aneka Tambang (Tbk) Menggunakan Long Short-Term Memory (LSTM) dan Gated Recurrent Unit (GRU)
Luxfiati, N. A., & Bustamam, A. 578

Penerapan Algoritma Genetika Dalam Optimasi Komposisi Menu Makanan bagi Penderita Stroke
Ritonga, Y. A. &Ahyaningsih, F. 584

Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Ekonomi di Sumatera Utara Menggunakan Regresi Data Panel
Naibaho, H. M., & Khairani, N. 593

Peningkatan Kemampuan Komunikasi Matematis Peserta Didik Kelas X dengan Pembelajaran Berbasis Proyek Kolaboratif Berbantuan Media Canva
Saragih, G. P. 601

Implementasi Pembelajaran Kooperatif Tipe TGT Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Siswa SMP Islam Al-Fadhli
Cindey, T. A. M., & Hasratuddin 611

Pengembangan E-Modul Berbasis Smart Apps Creator 3 untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Peserta Didik Kelas VIII MTs
Zain, D. & Kairuddin 621

Analisis Kesulitan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Program Linier Berbantuan Kalkulator Grafik di Kelas XI
Elfina, H. 631

Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbasis Komik Digital Untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa Kelas VII SMP Negeri 17 Medan
Banurea, L. K., & Siregar, T. M. 642

Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw Terhadap Kemampuan Koneksi Matematis Siswa SMP Negeri 15 Medan
Hutagalung, A. F. S., & Siregar, N. 651

Pengaruh Kepercayaan Diri (Self Confidence) terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa
Ginting, E. R., & Simanjorang, M. M. 662

Penerapan Pembelajaran Kontekstual Berbantuan Aplikasi Desmos untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa SMA
Elfani, E. 669

Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Ditinjau dari Gaya Belajar yang Dibelajarkan dengan Model PBM
Sinaga, A. P., & Simanullang, M. C. 679

Pemetaan Tenaga Kesehatan di Provinsi Sumatera Utara Menggunakan Metode Multidimesional Scaling
Silaban, A. & Susiana 687

Pengembangan Video Pembelajaran Matematika Menggunakan Powtoon untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa di SMP Negeri 1 Kuala
Fazriani, A., & Sagala, P. N. 697

Penerapan Metode Adams-Bashfort-Moulton pada Persamaan Logistik dalam Memprediksi Pertumbuhan Penduduk di Provinsi Sumatera Utara
Hasibuan, Z. A. E., & Ritonga, A. 705

Efektivitas Model Pembelajaran Discovery Learning Terhadap Kemampuan Literasi Numerasi Siswa Kelas VII Di UPT SMP Negeri 37 Medan
Talaumbanua, B. N. 715

Perbedaan Kemampuan Pemecahan Masalah Diajarkan dengan Model Pembelajaran Berbasis Masalah dan Pendidikan Matematika Realistik Indonesia
Sipayung, E. N., & Napitupulu, E. E. 721

Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Etnomatematika Berbantuan Classpoint untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa Kelas VII
Tobing, E. L., & Siregar, T. M. 729

Pengaruh Model Pembelajaran Numbered Head Together Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa
Yuwinda, F., & Napitupulu, E. E. 737

Peran Pendekatan Pembelajaran Matematika Realistik melalui Budaya Melayu pada Pembelajaran Matematika
Nasution, H. H. 745

Meningkatkan Penalaran Matematis Siswa SMP melalui Video Animasi Berbasis Problem-Based Learning dengan Animaker
Simbolon, P., & Manurung, N. 756

Pembangunan Algoritma Metode Modifikasi Runge-Kutta Menggunakan Kombinasi Deret Lehmer dengan Python untuk Menyelesaikan Persamaan Diferensial
Ananda, D., Telaumbanua, L. Y., Nazla, K., & Rangkuti, Y. M. 763

Pembelajaran Matematika SD Dengan Model Kontekstual Berbasis Kearifan Lokal Gotong Royong Pada Suku Batak Toba
Silalahi, T. M. 773

Analisis Regresi Weibull terhadap Determinan Laju Pemulihan Klinis Pasien Penderita Stroke
Harahap, S., & Febrian, D. 785

Pengembangan Media Matematika Digital Berbasis Pendidikan Matematika Realistik Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa SMP Negeri 16 Medan
Napitupulu, S. S., & Kairuddin. 795

The Effect of The Problem-Based Learning Model on Students' Mathematics Problem Solving Abilities
Sitinjak, W. B. C., & Napitupulu, E. E. 805

Peran Media Komik Berbasis Budaya Lokal Tapanuli Selatan dalam Pembelajaran Matematika SD
Siregar, Y. A. 813

Pengembangan LKPD untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Pembelajaran Kooperatif Tipe Snowball Throwing di Kelas VIII SMP
Zuhrah, S. A. 823

Pembangunan Script Python untuk menunjukkan perbandingan antara Metode RK6, Metode RK4
Ulwan, M. A. N., Pratiwi, I. A., Suana, M. Z., & Rangkuti, Y. M. 831

Penerapan Metode Naive Bayes dalam Memprediksi Kepuasan Pasien Terhadap Pelayanan Rumah Sakit (Studi Kasus: Rumah Sakit Umum Haji Medan)
Syadia, R. & Kartika D. 838

Penerapan Rantai Markov dalam Menganalisis Tingkat Persaingan Ojek Online
Saputri, A. N., & Ritonga, A. 844

Pembangunan Python untuk menunjukkan Keakuratan Metode Modifikasi RK4 dibandingkan dengan Metode RK Merson untuk MNA
Fadluna, E. P., Saragih, R. Z. F., Alamsyah, R., & Rangkuti, Y. M. 853

Penerapan Analytical Hierarchy Process dalam Menentukan Pemilihan Dompet Digital (E-Wallet) yang Terpercaya Pada Sektor UMKM di Kecamatan Percut Sei Tuan
Hartati, S., & Ahyaningsih, F. 861

Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Think Talk Write Terhadap Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa SMA Negeri 1 Hamparan Perak
Nabila, F., Surya, E. 871

Pembangunan Script Python untuk Menunjukkan Solusi dari Persamaan Diferensial Menggunakan Metode Extended Runge-Kutta

Adhevta Jibran Muzakki Khan[1], Yulita Molliq Rangkuti[2] , Nurra Nianda[3*], Rahma hidayanti[4]
[1,2,3,4,]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:niandanurra@gmail.com*

Abstrak, Artikel ini membahas pengembangan algoritma melalui Python untuk menunnjukkan solusi masalah nilai awal menggunakan Metode Extended Runge-Kutta. Sintaks Python menggunakan metode inputan fungsi. Metode yang dibangun termasuk metode Extended Runge Kutta pada syntax tersebut. Output yang ditampilkan dari syntax Python terdiri dari table yang berisi solusi dan error serta visualisasi dengan menampilkan grafik solusi. Dari hasil tersebut, syntax python ini dapat menjadi alternatif sytax dapat menunjukkan solusi dari berbagai fungsi dari masalah nilai awal yang lebih kompleks.
Kata kunci: Metode Extended Runge-Kutta, Masalah Nilai Awal, Pemrograman Python

Abstract*, This article discusses the development of an algorithm in Python to solve the initial value problem using the Extended Runge-Kutta Method. The Python syntax employs the function input method. The implemented method includes the Extended Runge-Kutta technique within the code. The output generated by the Python code consists of a table displaying solutions and errors, as well as a visualization in the form of a solution graph. From these results, this Python implementation can serve as an alternative approach to solving various functions of more complex initial value problems.*
Keywords: *Extended Runge-Kutta Method, Initial Value Problem, Python programming*.

Citation : Khan, A. J. M., dkk. (2024). Pembangunan Script Python untuk Menunjukkan Solusi dari Persamaan Diferensial Menggunakan Metode Extended Runge-Kutta. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 1- 11

PENDAHULUAN

Persamaan diferensial memiliki peran penting dalam memodelkan berbagai fenomena dalam kehidupan nyata, baik di bidang teknik, sains, maupun ekonomi. Salah satu kasus yang sering dibahas dalam penyelesaian persamaan diferensial adalah *Duffing Oscillator*, yang digunakan untuk menganalisis osilasi non-linear dalam sistem fisik. Sistem ini menggambarkan banyak fenomena, termasuk dinamika gerak benda dan sinyal lemah, serta aplikasi dalam resonansi non-linear (Roziqin, 2023). Selain itu, persamaan diferensial digunakan dalam pemodelan epidemi, seperti dalam memprediksi penyebaran COVID-19. Model matematika memberikan gambaran tentang tingkat infeksi dan digunakan untuk merancang intervensi kebijakan yang efektif. Di Indonesia, model ini diterapkan dalam berbagai studi untuk mengukur dampak dari kebijakan seperti *lockdown* dan vaksinasi (Nuha & Achmad, 2021).

Penyelesaian persamaan diferensial bisa dilakukan secara analitik, namun banyak kasus di mana penyelesaian analitik tidak memungkinkan karena kompleksitasnya. Salah satu metode numerik yang paling umum digunakan adalah metode Runge Kutta. Metode ini menawarkan pendekatan yang lebih efisien dan akurat dibandingkan metode numerik lainnya, seperti metode Euler atau metode Taylor (Saputra, 2020). Namun, metode *Extended Runge Kutta* memberikan peningkatan akurasi yang lebih baik karena penambahan orde derajat *h* pada proses perhitungannya (Prasetyo, 2016). Studi di Indonesia menunjukkan bahwa metode numerik seperti Runge Kutta sangat efektif dalam menyelesaikan model prediksi (Ibnas & Irwan, 2023). Hasil penyelesaian menggunakan metode Extended Runge Kutta terbukti memberikan tingkat error yang lebih rendah, terutama pada kasus dengan persamaan non-linear (Karim, 2020). Berbagai software digunakan untuk memfasilitasi

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

implementasi metode Runge Kutta dan Extended Runge Kutta, termasuk MATLAB, Python, dan Mathematica. Di Indonesia, MATLAB sangat populer di kalangan akademisi dan industri untuk simulasi persamaan diferensial. MATLAB memiliki fungsi bawaan, yang memungkinkan perhitungan numerik yang cepat dan akurat (Samaray, 2023). Python, dengan *library* seperti SciPy dan NumPy, juga banyak digunakan dalam penyelesaian persamaan diferensial (Fadillah, dkk., 2023). Python menawarkan fleksibilitas tinggi dan kemudahan penggunaan, menjadikannya pilihan utama di banyak institusi riset di Indonesia. Studi menunjukkan bahwa Python dan MATLAB menghasilkan hasil yang sebanding dalam hal akurasi (Mahfuzh & Yuliantari, 2022), namun Python sering kali lebih cepat dalam hal waktu komputasi (Kurniawan, 2022).

Metode Runge Kutta adalah salah satu metode numerik terbaik yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial, karena menghasilkan solusi yang akurat dengan memanfaatkan software seperti MATLAB atau Python. Kelebihan metode ini adalah teknik yang lebih akurat karena memiliki pemenggalan yang kecil dalam pengintegrasian error (Fatahullah, dkk., 2021). Python, pertama kali dirilis oleh Guido van Rossum pada tahun 1991, telah berkembang menjadi bahasa pemrograman yang sangat populer (Ritonga & Yahfizham, 2023). Saat ini, Python digunakan secara luas untuk komputasi ilmiah, analisis data, serta pengembangan aplikasi machine learning (Mulyahati, 2020). Keunggulan Python terletak pada kesederhanaan sintaksisnya dan dukungan komunitas yang kuat, yang memfasilitasi pengembangan berbagai *library* untuk numerik dan pemrosesan data, termasuk penyelesaian persamaan diferensial menggunakan metode Runge Kutta (Batoa, 2024).

Software Python, dengan berbagai *library* seperti `SciPy`, `NumPy`, dan `Matplotlib` dan `pandas`, telah digunakan untuk menyelesaikan berbagai kasus yang melibatkan persamaan diferensial (Sahirman, 2022). Beberapa contoh aplikasi tersebut mencakup modeling epidemiologi, di mana Python telah digunakan untuk memodelkan penyebaran penyakit menular, termasuk COVID-19, dengan menggunakan berbagai pendekatan numerik untuk menganalisis dan meramalkan laju infeksi serta efek intervensi kebijakan (Wardhana, dkk., 2023). Selain itu, Python juga digunakan dalam simulasi dinamika fluida, seperti aliran cairan dalam pipa dan reaksi kimia dalam ruang tertutup, yang menunjukkan hasil yang sangat akurat dan membantu dalam perancangan sistem rekayasa (Adli, 2021). Dalam analisis pasar saham, Python digunakan untuk mengembangkan model prediksi yang melibatkan analisis deret waktu, yang sering kali melibatkan persamaan diferensial untuk mengukur perilaku harga dan volatilitas (Prasetya, dkk., 2020). Terakhir, dalam pengolahan sinyal, Python digunakan untuk menganalisis sinyal non-linear yang dapat dimodelkan dengan persamaan diferensial, seperti sinyal audio dan video.

Artikel ini bertujuan untuk mengeksplorasi pembangunan syntax Python berdasarkan metode Extended Runge Kutta dalam menyelesaikan persamaan diferensial, dengan fokus pada aplikasi yang relevan dalam kehidupan nyata. Rencana pembahasan dalam penelitian ini mencakup pemahaman mendalam mengenai persamaan diferensial dan aplikasinya dalam berbagai bidang, penjelasan rinci tentang prosedur syntax Python dari penjelasan inputan fungsi, penjelasan prosedur metode Extended Runge Kutta, dalam bahasa Python, serta diskusi tentang hasil dan akurasi yang diperoleh dengan menunjukkan tabel dan grafik.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam artikel ini adalah metode Extended Runge Kutta (ERK). Metode ERK merupakan salah satu varian dari metode Runge-Kutta yang lebih kompleks. Tujuannya adalah meningkatkan akurasi dalam menghitung nilai solusi numerik dari persamaan diferensial. Persamaan dasar yang digunakan untuk menghitung nilai y_{n+1} pada langkah selanjutnya dari iterasi adalah sebagai berikut:,

$$y_{n+1} = y_n + hk_{11} + \frac{1}{8}\,h^2k_{12} + \frac{1}{32}\,h^2k_{32} + \frac{25}{72}\,h^2k_{42} \qquad (1)$$

disini, nilai y_{n+1} dihitung dari nilai sebelumnya y_n, ditambah dengan berbagai konstanta yang dikalikan dengan h, yang merupakan langkah interval untuk setiap iterasi.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dengan

$$k_{11} = f(x_{n,}y_{n)} \quad (2)$$

$$k_{21} = f(x_{n,}\, y_{n)} + \frac{1}{2}hk_{11} \quad (3)$$

$$k_{31} = f(x_n + \frac{1}{36}\, h, y_{n+}\, hk_{21} \quad (4)$$

$$k_{41} = f\left(x_n + h, y_n + h\left[\frac{7}{25}\, k_{11} + \frac{2}{25}\, k_{21}\frac{1}{25}\, k_{31}\right]\right) \quad (5)$$

Selain itu, terdapat turunan kedua $k_{12}, k_{22}, k_{32}, k_{42}$ yang mengikuti pola yang mirip dengan k_{11}, k_{21}, $k_{31,}$ k_{41} tetapi menghitung f', yaitu turunan dari fungsi f.

$$k_{12} = f'(x_{n,}y_{n)} \quad (6)$$

$$k_{22} = f'(x_{n,}\, y_{n)} + \frac{1}{2}hk_{11} \quad (7)$$

$$k_{32} = f'\left(x_n + \frac{1}{36}\, h, y_{n+}\, hk_{21}\right) \quad (8)$$

$$k_{42} = f'\left(x_n + h, y_n + h\left[\frac{7}{25}\, k_{11} + \frac{2}{25}\, k_{21}\frac{1}{25}\, k_{31}\right]\right) \quad (9)$$

Fungsi turunan f' ini beroperasi dengan melakukan beberapa perhitungan antara titik-titik yang saling terkait, menggunakan nilai turunan pertama dan kedua dari fungsi. Metode ini efektif untuk meningkatkan akurasi dibandingkan dengan metode Runge-Kutta klasik, dengan memanfaatkan nilai turunan yang lebih tinggi.

Berisi metode yang digunakan dalam pemecahan permasalahan termasuk metode analisis. Peralatan-peralatan yang dituliskan di bagian ini hanya berisi peralatan-peralatan utama saja dilengkapi dengan merk (misalnya: Furnace elektrik (Carbolite)). Komponen-komponen peralatan penunjang tidak perlu dituliskan. Rangkaian alat utama sebaiknya disajikan di bagian ini dilengkapi dengan keterangan gambar. Keterangan gambar diletakkan menjadi bagian dari judul gambar (*figure caption*) bukan menjadi bagian dari gambar. Metode-metode yang digunakan dalam penyelesaian penelitian dituliskan di bagian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam artikel ini, dibangun Python untuk mencari penyelesaian numerik dari dua contoh persamaan diferensial menggunakan metode ERK dari persamaan diferensial yang dipilih. Syntax Python diawali dengan koding berikut:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from mpl_toolkits import mplot3d
import pandas as pd
```

Library yang dipilih mendukung pengoperasian rumus matematika dengan import numpy as np , pembuatan grafik pembuatan tabel . Pada script python juga dibangun penginputan parameter untuk mencari parameter terbaik melihat sistem Rossler berperilaku kacau atau tidak. Fungsi get_function_input dikembangkan untuk memberi fleksibilitas pengguna dalam memilih fungsi matematis yang ingin diselesaikan. Ini membuat kode lebih dinamis. Script python dapat diilihat sebagai berikut:

```
def get_function_input(prompt):
    while True:
        try:
            func = input(prompt)
            f = eval("lambda x, y: " + func)
            # Uji fungsi dengan nilai x dan y sembarang
            f(0, 0)
            return f, func
        except:
            print("Input fungsi tidak valid. Silakan coba lagi.")
```


© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Berikut adalah contoh kode untuk menghitung solusi analitik dari persamaan yang diberikan menggunakan *library* `SciPy` dan `NumPy` kode ini merupakan pengembangan dari metode Runge-Kutta biasa, dengan menambahkan beberapa konstanta tambahan untuk meningkatkan akurasi solusi pada persamaan diferensial yang lebih kompleks.:

```
# Extend Runge-Kutta Solver
def extend_runge_kutta_solver(f, f_prime, y0, t0, tf, h):
    t_values = []
    y_values = []
    t = t0
    y = y0
    while t <= tf:
        t_values.append(t)
        y_values.append(y)
        # Extend Runge-Kutta
        k11 = f(t, y)
        k21 = f(t, y + 0.5 * h * k11)
        k31 = f(t + (1/36) * h, y + h * k21)
        k41 = f(t + h, y + h * (7/25 * k11 + 2/25 * k21 + 1/25 * k31))
        k12 = f_prime(t, y)
        k22 = f_prime(t + h, y + 0.5 * h * k11)
        k32 = f_prime(t + (1/36) * h, y + h * k21)
         k42 = f_prime(t + h, y + h * (7/25 * k11 + 2/25 * k21 + 1/25 *
k31))
       y = y + h * k11 + (1/8) * h*2 * k12 + (1/32) * h*2 * k32 + (25/72)
* k42
        t = t + h
    return t_values, y_values
# Mendapatkan input fungsi dari pengguna
f, f_str = get_function_input("Masukkan fungsi f(x, y): ")
f_prime, f_prime_str = get_function_input("Masukkan fungsi turunan f'(x,
y): ")
y0 = float(input("Masukkan nilai y0 (kondisi awal): "))
t0 = float(input("Masukkan nilai t0 (waktu awal): "))
tf = float(input("Masukkan nilai tf (waktu akhir): "))
h = float(input("Masukkan nilai h (step size): "))

t_values, y_values = extend_runge_kutta_solver(f, f_prime, y0, t0, tf, h)
# Membuat tabel data
data = {
    "t": t_values,
    "y": y_values
}
df = pd.DataFrame(data)
print(df)
# Plot hasil
plt.figure(figsize=(12,5))
plt.plot(t_values, y_values, label=f"Solusi numerik untuk $f(x, y) =
{f_str}$ dan $f'(x, y) = {f_prime_str}$")
plt.xlabel('t')
plt.ylabel('y')
plt.title('Solusi Metode Extend Runge-Kutta')
plt.grid(True)
plt.legend()
plt.show()
```

Code tersebut merupakan implementasi dari metode Runge-Kutta yang telah dikembangkan, yaitu "Extend Runge-Kutta Solver," untuk menyelesaikan persamaan diferensial biasa (ODE) yang melibatkan fungsi f(t,y) dan turunannya f′(t,y). Fungsi utama extend_runge_kutta_solver menerima parameter fungsi fff dan turunannya f′, serta kondisi awal y0, waktu awal t0, waktu akhir tf, dan

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

ukuran langkah h. Fungsi ini menghitung solusi numerik dengan menghasilkan dua daftar, t_values dan y_values, yang menyimpan nilai waktu dan solusi y untuk setiap langkah ttt. Pengembangan utama dari metode ini terlihat pada cara perhitungan nilai sementara kkk yang terdiri dari dua set, yaitu k11 hingga k4 untuk fungsi f, dan k12 hingga k42 untuk turunan fungsi f'. Dengan memperhitungkan turunan fungsi, metode ini memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan metode Runge-Kutta standar. Pengembangan utama dalam kode tersebut terlihat pada bagian perhitungan k di metode extend_runge_kutta_solver. Dengan menambahkan turunan fungsi, f'(t,y), solver ini menjadi lebih akurat dibandingkan metode Runge-Kutta standar yang hanya mengandalkan nilai fungsi f(t,y).

Contoh 1: Persamaan $y' = \frac{y}{4} - \frac{y^2}{80}$ dengan syarat awal $y(0) = 1$, dan $x = [0, 10]$. Persamaan $y' = \frac{y}{4} - \frac{y^2}{80}$

Mempunyai penyelesaian eksak $y = \frac{20}{1+19\exp\left(-\frac{x}{4}\right)}$ berikut in hasil yang didapat dari extended runge-kutta dan runge-kutta dalam tabel maksimum error. Kode python:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D  # Untuk plot 3D
# Fungsi untuk persamaan diferensial
def f(t, y):
    return (y/4) - (y**2/80)
# Solusi eksak yang diberikan
def exact_solution(x):
    return 20 / (1 + 19 * np.exp(-x/4))
# Metode Extended Runge-Kutta Orde 4
def extended_rk4(f, y0, t0, tf, h):
    t_values = np.arange(t0, tf + h, h)
    y_values = np.zeros(len(t_values))
    y_values[0] = y0
    for i in range(1, len(t_values)):
        t = t_values[i-1]
        y = y_values[i-1]
        k1 = f(t, y)
        k2 = f(t + h/2, y + h*k1/2)
        k3 = f(t + h/2, y + h*k2/2)
        k4 = f(t + h, y + h*k3)
        y_values[i] = y + (h/6) * (k1 + 2*k2 + 2*k3 + k4)
    return t_values, y_values
# Parameter
y0 = 1
t0 = 0
tf = 10
h = 0.1
# Mendapatkan hasil dari metode Extended Runge-Kutta
t_values, y_values = extended_rk4(f, y0, t0, tf, h)
# Mendapatkan solusi eksak
exact_values = exact_solution(t_values)
# Membuat DataFrame untuk hasil
data = {
    't': t_values,
    'y_numerik': y_values,
    'y_eksak': exact_values,
    'error': np.abs(y_values - exact_values)
}
df = pd.DataFrame(data)
# Tabel hasil perhitungan
print(df.to_string(index=False))  # Menampilkan tabel tanpa index
```


© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

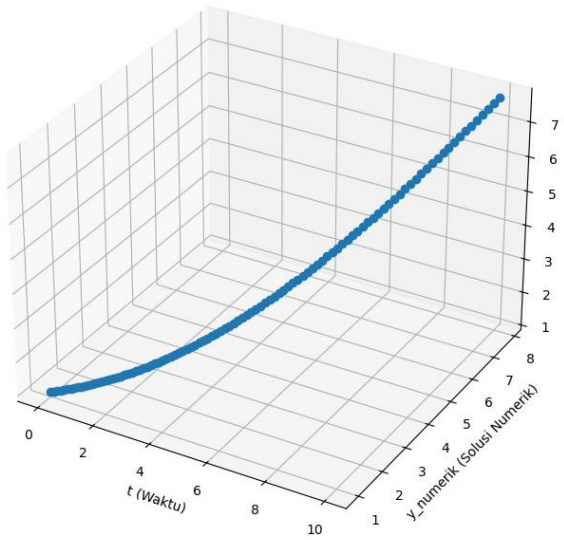
```
    # Plot hasil dengan solusi numerik dan solusi eksak dalam 3D
    fig = plt.figure(figsize=(10, 8))
    ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')
    # Menggambar grafik 3D
    ax.plot(t_values, y_values, exact_values, label="Solusi 3D", marker='o',
linestyle='--')
    # Labeling sumbu
    ax.set_xlabel('t (Waktu)')
    ax.set_ylabel('y_numerik (Solusi Numerik)')
    ax.set_zlabel('y_eksak (Solusi Eksak)')
    ax.set_title('Grafik Solusi 3D Extended Runge-Kutta dan Solusi Eksak')
    # Menampilkan legenda
    plt.legend(loc='best')
    # Menampilkan plot 3D
    plt.show()
    # Menampilkan error maksimum
    print(f"Error maksimum: {np.max(np.abs(y_values - exact_values))}")
```

Hasil simulasi menampilkam table 1 dan visualisasinya ditunjukkan pada gambar 1.

Tabel 1. Hasil simulasi dari contoh 1

t	y_numerik	y_eksak	error
0.0	1.0	1.0	0.0
0.1	1.024.019	1.024.019	5,98E-05
0.2	1.048.583	1.048.583	1,22E-04
0.3	1.073.703	1.073.703	1,87E-04
0.4	109.939	109.939	2,53E-04
0.5	1.125.654	1.125.654	3,23E-04
0.6	1.152.508	1.152.508	3,95E-04
0.7	1.179.963	1.179.963	4,69E-04
0.8	120.803	120.803	5,46E-04
0.9	123.672	123.672	6,26E-04
1.0	1.266.046	1.266.046	7,09E-04

Error maksimum: 1.6383706835654266e-08



Gambar 1. Grafik Solusi 3D Extended Runge-Kutta dan solusi eksak.

Contoh 2. Diketahui Persamaan $y' = y + x^2 + 1$ dengan syarat awal y(0) = 1, dan x = [0,10]. Persamaan $y' = y + x^2 + 1$ mempunyai penyelesaian eksak y = $4e^x - x^2 - 2x - 3$. Hasil yang akan dihasilkan adalah maksimum error dan grafik hasil numerik dengan contoh eksaknya. Berikut ini adalah kode python yang dibangun:

```
    import numpy as np
    import matplotlib.pyplot as plt
    import pandas as pd
    from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D  # Untuk plot 3D
    # Fungsi turunan yang diberikan: y' = y + x^2 + 1
    def f(x, y):
        return y + x**2 + 1
    # Solusi eksak: y = 4e^x - x^2 - 2x - 3
    def exact_solution(x):
        return 4 * np.exp(x) - x**2 - 2*x - 3
    # Metode Runge-Kutta Orde 4 (RK4)
    def runge_kutta_4(f, y0, x0, h, x_end):
        n = int((x_end - x0) / h) + 1
        x = np.linspace(x0, x_end, n)
```


© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

```
        y = np.zeros(n)
        y[0] = y0
        for i in range(1, n):
            k1 = h * f(x[i-1], y[i-1])
            k2 = h * f(x[i-1] + h/2, y[i-1] + k1/2)
            k3 = h * f(x[i-1] + h/2, y[i-1] + k2/2)
            k4 = h * f(x[i-1] + h, y[i-1] + k3)
            y[i] = y[i-1] + (1/6) * (k1 + 2*k2 + 2*k3 + k4)
        return x, y
    # Parameter dan kondisi awal
    x0, y0 = 0, 1  # Kondisi awal
    h = 0.1        # Langkah
    x_end = 10     # Nilai akhir x
    # Menghitung solusi numerik dengan metode RK4
    x_rk4, y_rk4 = runge_kutta_4(f, y0, x0, h, x_end)
    # Menghitung solusi eksak
    y_exact = exact_solution(x_rk4)
    # Menghitung error maksimum
    error = np.abs(y_rk4 - y_exact)
    max_error = np.max(error)
    # Membuat DataFrame untuk hasil perhitungan
    data = {
        'x': x_rk4,
        'y_numerik': y_rk4,
        'y_eksak': y_exact,
        'error': error
    }
    df = pd.DataFrame(data)
    # Tabel hasil perhitungan
    print(df.to_string(index=False))  # Menampilkan tabel tanpa index
    # Plot hasil dengan solusi numerik dan solusi eksak dalam 3D
    fig = plt.figure(figsize=(10, 8))
    ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')
    # Menggambar grafik 3D
    ax.plot(x_rk4, y_rk4, y_exact, label="Solusi 3D", marker='o', linestyle='-
-')
    # Labeling sumbu
    ax.set_xlabel('x')
    ax.set_ylabel('y_numerik (Solusi Numerik)')
    ax.set_zlabel('y_eksak (Solusi Eksak)')
    ax.set_title('Grafik Solusi 3D RK4 dan Solusi Eksak')
    # Menampilkan legenda
    plt.legend(loc='best')
    # Menampilkan plot 3D
    plt.show()
    # Menampilkan error maksimum
    print(f"Error maksimum: {max_error}")
```

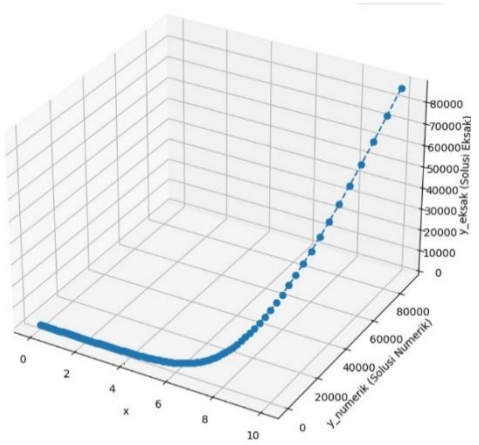
Pengembangan kode ini terletak pada penerapan metode *Runge-Kutta Orde 4* (RK4) untuk meningkatkan akurasi solusi numerik dibandingkan dengan metode lain. Selain itu, kode ini membandingkan solusi numerik dengan solusi eksak dan menghitung error maksimum, yang memungkinkan kita untuk mengevaluasi ketepatan hasil. Visualisasi 3D juga ditambahkan untuk mempermudah pemahaman perbedaan antara solusi numerik dan eksak. Dari implementasi metode ERK dengan syntax Pyton ditunjukkan tabel 2 dan visualitasinya pada gambar 2

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Tabel 2. Hasil simulasi dari contoh 2

x	y_numerik	y_eksak	error
0	1	1	0.00E+00
0.1	1.210684	1.210684	1.31E-07
0.2	1.445611	1.445611	3.11E-07
0.3	1.709435	1.709435	5.49E-07
0.4	2.007298	2.007299	8.56E-07
:	:	:	:
9.7	65153.48565	65153.93879	4.53E-01
9.8	72015.83338	72016.33971	5.06E-01
9.9	79600.10606	79600.67175	5.66E-01
10	87982.23123	87982.86318	6.32E-01

Error maksimum: 0.631945721412194



Gambar 2. Grafik Solusi 3D Runge-Kutta 4 dan Solusi Eksak.

Contoh 3. Diketahui persamaan diferensial: $\frac{d^2y}{dt} + y = \varepsilon(0.1\ \frac{dy}{dt} - 0.01y^3 + 0.1\cos(t) + 0.01\cos(t))$ dengan ε = 0.1 dan kondisi awal y(0) = 0,y' (0) = 1. Syntax Python yang dibangun sebagai berikut:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
# Parameter epsilon
epsilon = 0.1
# Fungsi turunan untuk y' dan v' (v = y')
def system(t, yv):
    y, v = yv  # Memisahkan y dan v
    dydt = v  # y' = v
     dvdt = epsilon * (0.1 * v - 0.01 * y**3 + 0.1 * np.cos(t) + 0.01 *
np.cos(t)) - y
    return np.array([dydt, dvdt])
# Metode Extended Runge-Kutta Orde 4
def extended_rk4(f, yv0, t0, tf, h):
    t_values = np.arange(t0, tf + h, h)
    y_values = np.zeros((len(t_values), 2))  # Untuk menyimpan [y, v]
    y_values[0] = yv0
    for i in range(1, len(t_values)):
        t = t_values[i-1]
        yv = y_values[i-1]
        k1 = f(t, yv)
        k2 = f(t + h/2, yv + h*k1/2)
        k3 = f(t + h/2, yv + h*k2/2)
        k4 = f(t + h, yv + h*k3)
        y_values[i] = yv + (h/6) * (k1 + 2*k2 + 2*k3 + k4)
    return t_values, y_values[:, 0], y_values[:, 1]  # Mengembalikan t, y,
dan v
# Parameter dan kondisi awal
y0 = 0  # y(0)
v0 = 1  # y'(0)
t0 = 0  # Waktu awal
tf = 20  # Waktu akhir
h = 0.01  # Langkah
# Menjalankan metode Extended Runge-Kutta Orde 4
t_values, y_values, v_values = extended_rk4(system, [y0, v0], t0, tf, h)
```

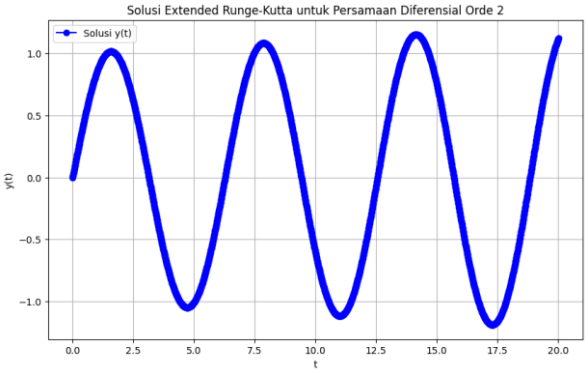

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

```
    # Membuat DataFrame untuk tabel hasil
    data = {
        't': t_values,
        'y': y_values,
        'v (dy/dt)': v_values
    }
    df = pd.DataFrame(data)
    print(df)
    # Plot solusi y(t)
    plt.figure(figsize=(10, 6))
    plt.plot(t_values, y_values, label="Solusi y(t)", color='b', linestyle='-
', marker='o')
    plt.title("Solusi Extended Runge-Kutta untuk Persamaan Diferensial Orde 2")
    plt.xlabel("t")
    plt.ylabel("y(t)")
    plt.grid(True)
    plt.legend(loc='best')
    plt.show()
    # Grafik solusi 3D
    fig = plt.figure(figsize=(10, 8))
    ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')
    # Plot 3D y(t) vs v(t) vs t
    ax.plot(t_values, y_values, v_values, label="Solusi 3D", marker='o',
linestyle='--')
    # Labeling sumbu
    ax.set_xlabel('t')
    ax.set_ylabel('y(t)')
    ax.set_zlabel("v(t) (dy/dt)")
    ax.set_title("Grafik 3D Solusi Extended Runge-Kutta Orde 4")
    # Menampilkan legenda
    plt.legend(loc='best')
    # Menampilkan plot 3D
    plt.show()
```

Secara keseluruhan, pengembangan kode ini terletak pada penerapan metode numerik yang lebih canggih, yakni *Extended Runge-Kutta Orde 4*, untuk menyelesaikan sistem persamaan diferensial dengan akurasi lebih tinggi dibandingkan metode yang lebih sederhana seperti Euler. Metode ini memungkinkan pemodelan sistem dinamis yang kompleks dengan memanfaatkan parameter ϵ\epsilonϵ untuk menangkap pengaruh kecil pada perubahan sistem. Selain itu, kode ini dilengkapi dengan visualisasi hasil dalam dua dimensi dan tiga dimensi, yang memberikan wawasan lebih mendalam tentang dinamika sistem dengan memperlihatkan hubungan antara variabel-variabel yang terlibat, sehingga membantu pemahaman yang lebih baik mengenai perilaku sistem sepanjang waktu. Tabel 3 merupakan hasil simulasi dengan merode ERK melalui aplikasi Python dan gambar 3 merupakan visualisasinya.

Tabel 3. Solusi dari contoh 3 untuk $0 \leq t \leq 20$ dengan $h = 0.01$

Column1	t	y	v dy/dt
0	0	0	1.00E+00
1	0.01	0.01	1.00E+00
2	0.02	0.02	1.00E+00
:	:	:	:
2000	20	1.118	4.90E-01
2001	20.01	1.123	4.70E-01



Gambar 3. Grafik solusi dari Metode ERK

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Hasil dan pembahasan berisi hasil-hasil temuan penelitian dan pembahasannya secara ilmiah. Tuliskan temuan-temuan ilmiah (*scientific finding*) yang diperoleh dari hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan tetapi harus ditunjang oleh data-data yang memadai. Temuan ilmiah yang dimaksud di sini adalah bukan data-data hasil penelitian yang diperoleh. Temuan-temuan ilmiah tersebut harus dijelaskan secara saintifik meliputi: Apakah temuan ilmiah yang diperoleh? Mengapa hal itu bisa terjadi? Mengapa trend variabel seperti itu? Semua pertanyaan tersebut harus dijelaskan secara saintifik, tidak hanya deskriptif, bila perlu ditunjang oleh fenomena-fenomena dasar ilmiah yang memadai. Selain itu, harus dijelaskan juga perbandingannya dengan hasil-hasil para peneliti lain yang hampir sama topiknya. Hasil-hasil penelitian dan temuan harus bisa menjawab hipotesis penelitian di bagian pendahuluan.

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, metode Extended Runge-Kutta diterapkan untuk menyelesaikan sistem persamaan diferensial yang relevan dengan fenomena nyata. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa metode ini mampu memberikan solusi yang akurat dan efisien. Tabel hasil perhitungan memperlihatkan perkembangan nilai variabel dalam rentang waktu yang telah ditentukan, dengan perubahan yang konsisten sesuai dengan perilaku sistem yang dianalisis. Dari analisis grafik tiga dimensi yang dihasilkan, terlihat bahwa solusi yang diperoleh menunjukkan pola yang stabil dan realistis, mencerminkan dinamika yang diharapkan dari sistem yang dimodelkan. Metode Extended Runge-Kutta tidak hanya terbukti efektif dalam memberikan solusi, tetapi juga menunjukkan fleksibilitas dalam aplikasi berbagai jenis persamaan diferensial.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam membantu melaksanakan dan menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Adli, M. (2021). Simulasi Numerik Aliran Fluida Hidrotermal Dan Perpindahan Energi Panas Dengan Hydrotherm Interactive Pada Daerah Padang Cermin, Lampung.

Battoa, I. N. T. (2024). *Aplikasi Karaoke Berbasis Website Menggunakan Raspberry Pi 3* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Parepare).

Fadillah, R. A., Susanto, T. R., Iswandi, F., & Rosyani, P. (2023). Penerapan Python Dengan Perhitungan Kalkulus Dalam Fungsi Turunan. *Alkhawarizmi: Jurnal Matematika, Algoritma dan Sains*, *1*(1), 111-116.

Fatahillah, A., Istiqomah, M., & Dafik, D. (2021). Pemodelan matematika pada kasus kecanduan game online menggunakan metode runge-kutta orde 14. *Limits: Journal of Mathematics and Its Applications*, *18*(2), 129-141.

Ibnas, R., & Irwan, M. (2023). Solusi Numerik Model Penyebaran Penyakit ISPA Menggunakan Metode Runge Kutta Orde Lima (Studi Kasus: Kabupaten Gowa). *Jurnal MSA (Matematika dan Statistika serta Aplikasinya)*, *11*(2), 87-92.

Karim, M. A. (2020). Estimasi Parameter Pada Persamaan Osilator Harmonik Fuzzy: Perbandingan Solusi Hukuhara Diferensial Dan Inklusi Diferensial Fuzzy Dengan Menggunakan Metode Runge-Kutta Diperluas. *Media Bina Ilmiah*, *14*(9), 3233-3242.

Kurniawan, D. (2022). *Pengenalan machine learning dengan python*. Elex Media Komputindo.

Mahfuzh, M. F., & Yuliantari, R. V. (2022). Analisis Penerapan Artificial Neural Network Algoritma Propagasi Balik untuk Meramalkan Harga Saham pada Bursa Efek Indonesia. *Journal of Applied Electrical Engineering*, *6*(1), 1-3.

Mulyahati, I. L. (2020). Implementasi machine learning prediksi harga sewa apartemen menggunakan algoritma Random Forest melalui framework website Flask Python (Studi kasus: Apartemen di DKI Jakarta pada website mamikos. com).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Nuha, A. R., & Achmad, N. (2021). Analisis Model Matematika Penyebaran Covid-19 Dengan Intervensi Vaksinasi Dan Pengobatan. *Jurnal Matematika UNAND*, *10*(3), 406-422.

Prasetya, B. D., Pamungkas, F. S., & Kharisudin, I. (2020, April). Pemodelan dan Peramalan Data Saham dengan Analisis Time Series menggunakan Python. In *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika* (Vol. 3, pp. 714-718).Pamungkas, Y., & CERDAS, F. T. E. D. I. (2022). *Pengenalan Emosi Senang dan Sedih Berdasarkan Time & Frequency Domain Pada Sinyal EEG* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).

Prasetyo, P. (2016). *Analisis Pengaruh Perubahan Reaktansi Saluran Terhadap Transient Stability Of Multimachine Dengan Metode Runge-Kutta Fehlberg* (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik).

Ritonga, A., & Yahfizham, Y. (2023). Studi Literatur Perbandingan Bahasa Pemrograman C++ Dan Bahasa Pemrograman Python Pada Algoritma Pemrograman. *Jurnal Teknik Informatika dan Teknologi Informasi*, *3*(3), 56-63.

Roziqin, R. H. (2023). *Solusi analitik persamaan adveksi-dispersi dengan pendekatan Sturm-Liouville* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).

Sahirman, S. (2022). Permodelan Sistem Pertanian.

Samaray, S. (2023). Perbandingan Metode Diferensiasi Numerik Berbasis Matlab Mobile. *Prosiding CORISINDO 2023*.

Saputra, A. (2020). *Komputasi untuk teknik kimia menggunakan matlab*. Andri Saputra.

SIMANGUNSONG, L. Penyelesaian Numeris Runge-Kutta dan Aspek Pendidikan dari Model Penyebaran Hiv-Aids Pada Tipe Susceptible, Infected, Aids Cases (Sia).

Wardhana, R. G., Wang, G., & Sibuea, F. (2023). Penerapan Machine Learning Dalam Prediksi Tingkat Kasus Penyakit Di Indonesia. *Journal of Information System Management (JOISM)*, *5*(1), 40-45.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengembangan LKPD Berbasis PBL Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa SMP

Bertha Marlini Saragih[1*], Kms. Muhammad Amin Fauzi[2]
[1,2]*Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Indonesia*
**Coresponding Author*: *berthamarlinisaragih@gmail.com*

Abstrak, Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan Lembar Kerja Peserta Didik berbasis Problem Based Learning dengan bantuan canva untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa. Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan (Research & Development) dan berlandaskan model pengembangan ADDIE yang tahapannya yaitu Analyze, Design, Development, Implementation, dan Evaluation. Subjek dalam penelitian ini ialah siswa/i kelas VIII UPT SMP N 37 Medan sebanyak 30 orang. Untuk melihat kelayakan LKPD, digunakan angket validasi dan respon siswa terhadap LKPD yang dikembangkan. Hasil temuan menunjukkan bahwa 1)LKPD berbasis PBL yang dikembangkan dinyatakan valid dengan skor rata-rata 4,24 dan validasi RPP dengan rata-rata 4,25 termasuk dalam kriteria valid; 2)LKPD berbasis PBL dinyatakan praktis, dengan rata-rata hasil angket respon siswa 3,51 dan rata-rata hasil angket respon guru 3,6 tergolong dalam kategori praktis; 3)LKPD berbasis PBL yang dikembangkan dinyatakan efektif dengan rata-rata peningkatan dari hasil pretest ke hasil posttest sebesar 27,41; 4)Kemampuan pemecahan masalah matematis siswa mengalami peningkatan. Peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa dilihat berdasarkan n gain, diperoleh skor sebesar 0,66 dengan kategori sedang. Sehingga dapat disimpulkan LKPD yang dikembangkan sudah layak dan memili dampak positif sehingga dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa.
Kata kunci: Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis; Pengembangan LKPD; Problem Based Learning.

Abstract, *This research aims to produce Student Worksheets based on Problem Based Learning with the help of canva to improve students' mathematical problem-solving skills. This type of research is research and development (Research & Development) and is based on the ADDIE development model whose stages are Analyze, Design, Development, Implementation, and Evaluation. The subjects in this study are 30 students of class VIII UPT SMP N 37 Medan. To see the feasibility of the LKPD, a validation questionnaire and student responses to the LKPD developed were used. The findings show that 1) the PBL-based LKPD developed is declared valid with an average score of 4.24 and the validation of RPP with an average of 4.25 is included in the valid criteria; 2) The PBL-based LKPD is declared practical, with the average result of the student response questionnaire of 3.51 and the average result of the teacher response questionnaire of 3.6 classified in the practical category; 3) The PBL-based LKPD developed was declared effective with an average increase from pretest results to posttest results of 27.41; 4) Students' mathematical problem-solving skills have improved. The improvement of students' mathematical problem-solving ability was seen based on n gain, obtained a score of 0.66 with a medium category. So it can be concluded that the LKPD developed is feasible and has a positive impact so that it can improve students' mathematical problem-solving skills.*
Keywords*: Mathematical Problem Solving Ability; Development of student worksheets; Problem-Based Learning.*

Citation: Saragih, B. M., & Fuazi, M. A. (2024). Pengembangan LKPD Berbasis PBL Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa SMP. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 12- 21

PENDAHULUAN

Salah satu mata pelajaran yang memiliki fungsi krusial dalam pengembangan bidang pengetahuan serta teknologi ialah matematika. Melalui matematika kemampuan berpikir logis, kritis,

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dan rasional siswa dapat dikembangan. Menurut Harefa (2020), "mempelajari matematika ialah syarat yang cukup untuk meneruskan pendidikan ke jenjang selanjutnya". Berlandaskan pernyataan itu, dapat ditarik kesimpulan bahwa pembelajaran matematika merupakan salah satu disiplin ilmu yang mampu membangun akal sehat, cara berpikir, nalar, dan argumentasi serta memberikan kontribusi dalam memecahkan persoalan pada kehidupan sehari-hari, juga memberikan dorongan pada kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Terdapat empat jenis kompetensi yang wajib dikuasai siswa laksana modal untuk menghadapi dunia yang terus berubah, yaitu berpikir kritis dan pemecahan masalah, kreativitas, keterampilan bekerja sama, dan keterampilan berkomunikasi (Sukma & Priatna, 2021). Salah satu kompetensi tersebut sangat penting dikuasai siswa ketika mempelajari matematika, yaitu pemecahan masalah. Branca (dalam Sulistiawati, 2020:59) menyebutkan bahwa kemampuan pemecahan masalah ini ialah jantungnya matematika, dalam artian kemampuan ini merupakan keahlian dasar untuk mempelajari matematika. Pemecahan masalah merupakan keahlian dasar yang harus dimiliki karena bisa memudahkan siswa untuk menguasai materi-materi yang terdapat pada matematika.

Namun, kebenaran dilapangan keterampilan siswa menyelesaikan masalah belum selaras dengan yang diinginkan karena tergolong pada kategori rendah. Berdasarkan observasi terhadap siswa kelas IX-A UPT SMP N 37 Medan pada Rabu, 15 November 2023 diperoleh bahwa terdapat 60% siswa yang tuntas pada indikator memahami masalah, 48% pada indikator merencanakan penyelesaian, 50% pada indikator menjalankan rencana, dan 49% pada indikator memeriksa kembali. Hal ini sejalan dengan hasil wawancara yang ditujukan pada guru matematika yang menyampaikan bahwa dalam proses pembelajaran guru juga masih mengaplikasikan metode mengajar konvensional kepada siswa salah satunya metode ceramah yang mengakibatkan pembelajaran berfokus pada guru, tidak menegaskan keaktifan siswa. Ditambah lagi, guru belum menggunakan media pembelajaran seperti LKPD yang mencantumkan aktivitas yang bisa menjadikan siswa punya peran aktif saat belajar sehingga proses pembelajaran yang ada tidak dapat menumbuhkan serta memajukan kemampuan siswa memecahkan masalah.

Satu diantara perangkat pembelajaran yang bisa dijadikan alat untuk mencapai tujuan ialah Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). LKPD merupakan bahan ajar berbentuk cetak dan berisi soal-soal dan kegiatan yang akan dilakukan oleh siswa. Penggunaan LKPD mampu menambah keterlibatan atau peran siswa saat belajar. Pembelajaran Berbasis Masalah (PBL) merupakan model yang selaras dengan prinsip LKPD. Ngalimun dalam Ali et al., (2022) menyampaikan bahwa PBL ialah model pembelajaran yang mengikutsertakan siswa dalam menyelesaikan masalah sesuai tahapan metode ilmiah. Ini memungkinkan siswa untuk memperoleh pengetahuan dan keahlian yang diperlukan agar mampu memecahkan persoalan. Ada beberapa alasan mengapa PBL dapat digunakan untuk mengembangkan LKPD yakni PBL dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dalam LKPD. LKPD berbasis PBL menuntut siswa untuk berpikir secara teliti, mengumpulkan informasi, serta menemukan jalan keluar terbaik untuk persoalan yang ada (Khoiri et al. 2023). PBL juga menyediakan tugas yang memerlukan kolaborasi, di mana LKPD yang dirancang dengan pendekatan ini sering kali memuat aktivitas kelompok yang memerlukan diskusi, berbagi ide, dan kerja sama untuk memecahkan masalah (Wardani, 2023). Tak hanya itu, PBL mendorong pembelajaran mandiri melalui LKPD (Astuti, dkk. 2018). Selanjutnya, PBL membuat LKPD menjadi lebih relevan dan kontekstual karena masalah yang dihadirkan dalam lembar kerja sering kali diambil dari situasi nyata yang dihadapi siswa (Yenny, dkk. 2023).

Selain model pembelajaran, penggunaan media yang tepat juga menjadi faktor penting dalam meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses belajar. Canva**,** sebuah platform desain grafis yang intuitif dan mudah digunakan, menawarkan potensi besar sebagai alat bantu dalam pengkajian matematika. Dengan Canva, guru dapat membuat bahan ajar yang menyenangkan secara visual dan interaktif, yang dapat memudahkan siswa untuk mencerna konsep-konsep yang abstrak, termasuk pada topik bangun ruang sisi datar. Visualisasi yang jelas dan menarik dari bangun ruang seperti kubus dan balok melalui media Canva dapat memudahkan siswa lebih menguasai karakteristik dan kaitan antar unsur dalam bangun ruang tersebut.

Sejumlah penyelidikan terdahulu banyak membahas terkait pengembangan LKPD berbasis PBL. Penelitian oleh Dinda dkk, yang bertajuk Pengembangan LKPD Matematika Berbasis PBL untuk Meningkatkan Keterampilan Memecahkan Masalah di Sekolah Dasar yang menyampaikan bahwa *Problem Based Learning* mampu menambah keterampilan penyelesaian permasalahan siswa (Dinda et al., 2021). Namun, sebagian besar penelitian terkait pengembangan LKPD berbasis PBL lebih fokus pada topik-topik umum, seperti aljabar atau aritmetika, dan masih sedikit yang secara khusus mengembangkan LKPD untuk materi geometri, khususnya bangun ruang sisi datar. Padahal, materi ini memerlukan kemampuan visualisasi yang kuat dan strategi pemecahan masalah yang berbeda dari materi lainnya. Bangun ruang sisi datar mencakup berbagai konsep seperti volume dan luas permukaan yang menuntut strategi pembelajaran berdasar pada masalah yang dirancang dengan baik agar siswa mampu mengembangkan pemikiran kritis dan pemecahan masalah secara efektif. Oleh karena itu, peneliti terdorong merancang dan mengembangkan LKPD berbasis PBL untuk melihat bagaimana kemajuan keterampilan penyelesaian masalah siswa setelah mengaplikasikan LKPD yang dikembangkan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dan pengembangan (R&D) adalah tipe eksperimen ini. Penelitian pengembangan merupakan penelitian yang dikenakan demi menciptakan keluaran tertentu dan menguji keefektifan keluaran tersebut (Suyitno, 2018). Eksperimen ini berlandaskan model pengembangan ADDIE yang tahapnya: a) analisis; b) desain; c) pengembangan; d) implementasi; e) evaluasi. Dinamakan penelitian pengembangan karena tujuannya ialah mengembangkan perangkat pembelajaran berupa LKPD berbasis Problem Based Learning. Eksperimen ini dilaksanakan di UPT SMP Negeri 37 Medan di Jalan Timor No. 36B, Gaharu, Kecamatan Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara, pada Semester Genap Tahun Pelajaran 2023/2024. Subjek eksperimen ini ialah seluruh siswa kelas VIII A dengan anggota 30 orang.

Instrumen yang dipakai pada eksperimen ini ialah lembar validasi ahli yang meliputi lembar validasi RPP, LKPD dan instrumen tes; lembar kepraktisan LKPD dalam rupa angket respon siswa serta guru mata pelajaran tentang LKPD yang sudah dirancang sesuai prinsip *Problem Based Learning*; lembar keefektifan; serta instrumen tes berupa *pretest* dan *posttest* yang diselaraskan dengan indikator kemampuan pemecahan masalah matematis siswa.

Data yang didapat dikaji sedemikian rupa untuk mengetahui kevalidan, kepraktisan, keefektifan media yang dirancang serta mengetahui kemajuan kemahiran siswa dalam menyelesaikan masalah setelah menerapkan media yang dikembangkan. Analisis kevalidan dilakukan untuk mengetahui apakah instrumen mampu memberikan hasil yang selaras pada sasaran pengukuran dan tidak memberikan hasil yang menyimpang atau salah.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Analisis kepraktisan LKPD dilaksanakan untuk melihat pendapat guru dan siswa terkait kesederhanaan dan kepraktisan pemanfaatan perangkat pembelajaran tanpa kendala yang berarti. Analisis efektivitas dilakukan dengan tujuan untuk membuat pertimbangan perlu tidaknya dilaksanakan pengujian lebih lanjut pada tahap mengembangkan LKPD. Efektivitas LKPD yang dikembangkan dapat dianalisis berdasarkan pencapaian indikator dan ketuntasan belajar klasikal siswa. Untuk mengukur kemajuan keterampilan menyelesaikan masalah matematika siswa diterapkan analisis N Gain. Strategi N-Gain memperkirakan perubahan relatif antara tingkat pemahaman siswa sebelum dan sesudah proses belajar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Analisis (Analyze)

Proses analisis terbagi atas 3 yakni analisis kebutuhan, analisis kurikulum, dan analisis karakter siswa. Berikut dijelaskan ketiga analisis tersebut. Pada analisis kebutuhan, Siswa di UPT SMP N 37 Medan cenderung memiliki gaya belajar visual. Ini berarti siswa lebih suka belajar dengan melihat gambar atau struktur visual. LKPD yang dikembangkan merupakan solusi bagi siswa tersebut. LKPD disusun dengan elemen-elemen gambar yang menarik dan juga instruksi yang tidak panjang membantu siswa dalam proses belajarnya. Selain itu, penyusunan LKPD terstruktur dengan tata letak yang rapi dan pemisahan jelas antar bagian memudahkan siswa visual menguasai materi dengan lebih baik. Penggunaan warna, garis pemisah, dan judul yang jelas membantu siswa mengikuti instruksi dan memahami tugas dengan lebih mudah. LKPD yang disusun disesuaikan dengan model pembelajaran *Problem Based Learning* dan indikator pemecahan masalah matematis siswa. Tujuannya ialah untuk membantu siswa dalam meningkatkan kemampuannya untuk mencari solusi permasalahan pada materi bangun ruang sisi datar.

Kemudian pada analisis kurikulum, kurikulum 13 adalah kurikulum yang dipakai kelas VIII UPT SMP N 37 Medan. Materi yang akan diimplementasikan dalam LKPD ini ialah bangun ruang sisi datar yang merupakan materi kelas VIII di semester genap. Berdasarkan hasil observasi, analisis karakter siswa diperoleh 30 siswa berusia 13-14 tahun. Saat berada pada rentang umur tersebut, kognisi siswa berkedudukan pada tahap perkembangan operasional formal. Artinya, siswa membutuhkan objek nyata dalam proses pembelajaran matematika, salah satunya pengalaman dalam hidupnya. Oleh karena itu, ialah langkah yang tepat apabila belajar matematika dimulai dengan persoalan kontekstual yang ada pada kehidupan sehari-hari. Topik belajar dirancang dengan hal-hal konkret kemudian dikembangkan menjadi hal-hal abstrak.

Tahap Perancangan (Design)

Tahap perancangan terbagi menjadi 3. Dimulai dengan pemilihan format. Format yang diterapkan dalam penyusunan perangkat pembelajaran mengacu pada kurikulum 13. Penyusunan RPP dan LKPD mengacu pada model Problem Based Learning. Untuk penyusunan tes kemampuan menyelesaikan permasalahan mengacu pada indikator pemecahan masalah matematika. Langkah selanjutnya adalah menyusun tes. Tes yang digunakan disusun dalam bentuk esai dan berbasis kisi-kisi serta indikator kemampuan pemecahan masalah matematika. Tes dibuat sebanyak 6 butir yang terdiri dari 3 butir pretest dan 3 butir posttest. Selanjutnya soal divalidasi oleh ahli untuk kemudian disebarluaskan kepada siswa. Langkah terakhir adalah merancang awal. Pada tahap ini dihasilkan RPP, LKPD, dan instrumen tes kemampuan pemecahan masalah matematis.

Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) disusun selama 3 pertemuan. Ketiga pertemuan itu disusun dengan waktu 2x40 menit. RPP disusun sesuai dengan karakteristik penyusunan RPP pada kurikulum 13, yaitu disusun berdasarkan nama sekolah, satuan pendidikan, mata pelajaran, pokok bahasan, kelas/semester, alokasi waktu, dan materi pokok. Selain itu, RPP juga mengandung informasi tentang pembelajaran, meliputi kompetensi dasar, kompetensi inti, indikator pencapaian kompetensi, tujuan pembelajaran, metode pembelajaran, media yang digunakan, sumber belajar, proses kegiatan pembelajaran, serta penilaian.

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dirancang mengacu pada buku yang digunakan guru dan siswa didalam kelas serta berbasis PBL. Pada LKPD siswa akan dilatih untuk mampu mengkomunikasikan gagasan/ide yang dimiliki untuk menanggulangi persoalan yang dikaitkan dengan pengalaman sehari-hari agar siswa terampil dalam memecahkan suatu permasalahan. LKPD yang dikembangkan dalam eksperimen ini sebanyak 3 buah LKPD sesuai jumlah pertemuan pada RPP. LKPD memuat masalah yang pemecahaannya dirancang sedemikian rupa agar mampu melatih kemampuan pemecahan masalah matematis siswa. Sedangkan untuk instrumen tes yang disusun terdiri atas *pretest* dan *posttest* yang mengacu pada kisi-kisi dan indikator pemecahan masalah matematis. Keterampilan siswa menyelesaikan masalah dapat diukur peningkatannya dengan instrument yang telah dirancang.

Tahap Pengembangan (Development)

Berdasarkan validasi yang dilaksanakan oleh 4 orang ahli, LKPD memiliki kriteria sangat valid dengan skor 4.244. Keempat orang ahli tersebut menyatakan bahwa LKPD dapat digunakan dengan revisi selaras dengan saran yang telah disampaikan. Kualitas RPP bersumber dari penilaian ahli memperlihatkan skor rata-rata 4,25 dari skala 5,00 dengan kriteria sangat valid. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa RPP layak diimplementasikan dengan perbaikan dari para ahli.

Disamping itu, setiap komponen perangkat pembelajaran yang dirancang dengan model pembelajaran berbasis masalah sudah masuk kategori valid. Kendatipun ada perbaikan yang disampaikan oleh validator, namun perangkat tersebut sudah dinyatakan valid dan memadai untuk diimplementasikan di sekolah. Hasil di atas selaras dengan penyelidikan Komalasari, N, dkk. (2022) tentang pengembangan lembar kerja siswa berbasis masalah pada topik matematika yang sudah valid. Hasilnya menunjukkan bahwa LKPD tersebut valid dari segi media, materi, dan validitas desain pembelajaran dengan skor rata-rata sebesar 3,25. Tak hanya itu, saat melakukan validasi diperoleh juga saran dan masukan dari ahli dimana harus dilakukan perbaikan sebelum produk dapat diimplementasikan.

Tahap Implementasi (Implementation)

Terdapat 2 tahap yang dilakukan dalam pelaksanaannya, yaitu uji keterbacaan dan uji coba lapangan. Uji keterbacaan ialah uji kelompok kecil sebelum dilakukannya uji coba lapangan. Uji coba ini dilakukan terhadap 5 orang siswa kelas VIII. Berdasarkan uji keterbacaan, diperoleh hasil bahwa siswa mampu memahami maksud dan tujuan serta petunjuk dan soal yang diberikan dalam LKPD, sehingga dapat dilakukan uji coba selanjutnya, yakni uji coba lapangan. Uji coba lapangan ialah uji coba yang dilakukan di kelas sesungguhnya. Tahap ini dilaksanakan selama lima kali pertemuan. Pertemuan pertama, pemberian prestest; pertemuan dua, tiga, dan empat dilakukan pembelajaran sesuai RPP dan pemberian LKPD pada siswa; serta pada pertemuan kelima, siswa diberikan posttest. Uji coba lapangan dilaksanakan kepada 30 orang siswa kelas VIII-A. Saat uji coba ini berlangsung,

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

peneliti berperan sebagai pengajar. Selanjutnya data yang dihasilkan berupa data keterlaksanaan pembelajaran dan hasil kemampuan siswa mengatasi masalah yang diukur berdasarkan tes yang telah diberikan pada awal dan akhir pertemuan.

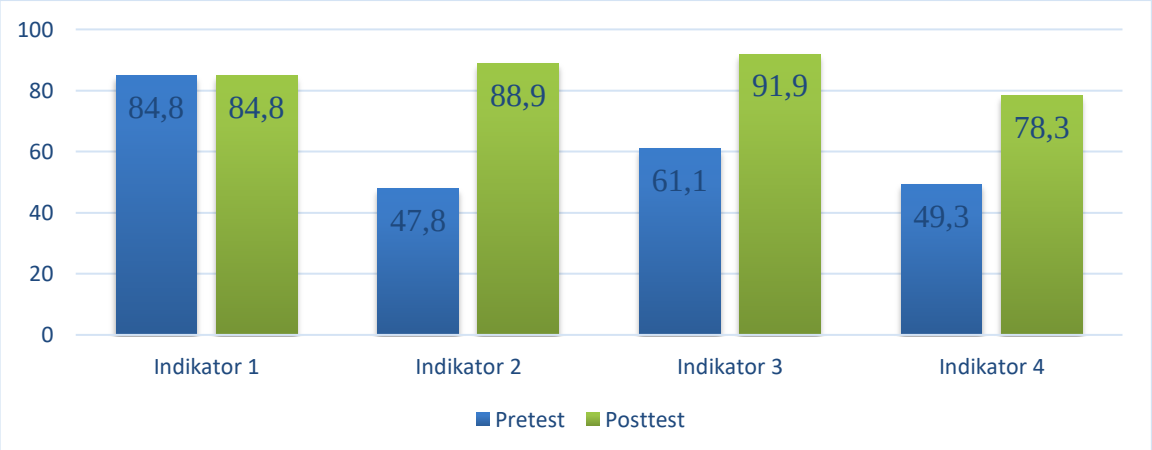
Angket respon siswa diberikan kepada 30 orang siswa kelas VIII A yang telah mengerjakan LKPD berbasis masalah yang dikembangkan. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh bahwa respon siswa terhadap LKPD berbasis Problem Based Learning yang dikembangkan memiliki skor 3,51 dari skala 4,00 yang berarti berada pada kategori sangat baik. Kesimpulan yang didapat bahwa LKPD berbasis Problem Based Learning berada pada kriteria "praktis". Kemudian untuk respon guru terhadap LKPD berbasis Problem Based Learning yang dikembangkan memiliki skor 3,6 dari 4,00 yang berarti berada pada kategori sangat baik. Kesimpulannya ialah LKPD berbasis Problem Based Learning memiliki kriteria "praktis". Dari angket respon siswa dan guru disimpulkan bahwa LKPD berbasis PBL yang dikembangkan memenuhi kriteria "praktis". Hasilnya selaras dengan eksperimen Zuni Inda Festina dan Kristina Warniasih (2021) yang turut menyampaikan hasil penelitiannya yang memenuhi kriteria kepraktisan. Pengukuran kepraktisan diambil dari angket respon siswa yang memiliki skor rata-rata 3,01 dengan kriteria praktis. LKPD yang sudah praktis dapat langsung diujicobakan kepada siswa.

Keefektifan LKPD Berbasis PBL Pada Pembelajaran ditunjukkan pada aspek ketuntasan belajar siswa secara klasikal pada penelitian ini dapat diukur dengan penilaian pengetahuan yang menggunakan *pretest* dan *posttest* kemampuan pemecahan masalah matematis dengan skor minimal 70. Adapun ketuntasan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa dijabarkan sebagai berikut.

Tabel 1. Persentase Ketuntasan Klasikal Siswa

Keterangan	Pretest		Posttest	
	Jumlah Siswa	**Persentase**	**Jumlah Siswa**	**Persentase**
Tuntas	4	13,3%	28	93,3%
Tidak Tuntas	26	86,7%	2	6,7%
Jumlah	30	100%	30	100%

Ketercapaian Indikator perangkat pembelajaran dapat diukur keefektivitasannya berdasarkan ketercapaian indikator/ketuntasan tujuan pembelajaran sesuai hasil *pretest* dan *posttest*. Kriteria ketercapaian indikator adalah jika terdapat 65% siswa yang memperoleh minimal 75% ketercapaian indikator. Ketercapaian indikator siswa pada uji coba lapangan dijelaskan di bawah ini.



Gambar 1. Diagram Persentase Ketercapaian Indikator Siswa

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Deskripsi Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Menggunakan LKPD Berbasis PBL Pada Pembelajaran. Hasil peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa dari pretest ke posttest pada uji coba lapangan disajikan pada Tabel di bawah ini. Dari tabel diperlihatkan bahwa kemampuan pemecahan masalah matematika siswa setelah menerapkan perangkat yang dikembangkan mengalami peningkatan sebesar 27,41. Nilai rata-rata kemampuan siswa yang awalnya 58,79 pada saat pretest meningkat menjadi 86,20 pada saat posttest. Selanjutnya dapat dilihat peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematika ditinjau dari tiap indikator.

Tabel 2. Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa

Keterangan	**Pretest**	**Posttest**	**Peningkatan**
Nilai tertinggi	75	97,2	22,2
Nilai terendah	44,4	66,7	22,3
Rata-rata kemampuan pemecahan	58,79	86,20	27,41

Tabel 3. Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Tiap Indikator

No	Indikator	Rata-rata		N-Gain	Kategori
		Pretest	**Posttest**		
1	Memahami Masalah	2,31	2,54	0,34	Sedang
2	Merencanakan Penyelesaian	1,43	2,67	0,78	Tinggi
3	Menjalankan Rencana	1,83	2,75	0,79	Tinggi
4	Memeriksa Kembali	1,47	2,38	0,59	Sedang

Ssesuai tabel di atas, ditemukan adanya kemajuan siswa dalam menyelesaikan masalah matematika dari pretest ke posttest pada setiap indikator. Pada (1) indikator memahami masalah diperoleh peningkatan sebesar 0,34; (2) pada indikator merencanakan penyelesaian diperoleh peningkatan sebesar 0,78; (3) pada indikator melaksanakan rencana diperoleh peningkatan sebesar 0,79; dan 4) pada indikator memeriksa kembali diperoleh peningkatan sebesar 0,59. Peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematika ditinjau dari pretest dan posttest juga dapat dilihat berdasarkan analisis gain score berikut.

Tabel 4. Analisis *Gain Score*

Besarnya gain	Kategori	Banyak Siswa	Persentase	Rata-rata Gain	Kategori
$\boldsymbol{g > 0,7}$	Tinggi	16	53,33%	**0,66**	**Sedang**
$\boldsymbol{0,3 \leq g \leq 0,7}$	Sedang	12	40%		
$\boldsymbol{g < 0,3}$	Rendah	2	6,67%		
Jumlah		30	100%		

Peningkatan Kemampuan pemecahan masalah matematis siswa menurut *gain score* dijelaskan pada diagram dibawah. Berdasarkan data pada diagram, diperoleh bahwa kemampuan siswa menyelesaikan persoalan setelah pembelajaran dengan perangkat pengembangan mengalami peningkatan dengan rata-rata 0,66 dilihat dari gain score yang berada pada kategori sedang. Dengan demikian, penggunaan LKPD berbasis Problem Based Learning yang dirancang memberikan efek nyata untuk kemajuan kemampuan pemecahan masalah matematika siswa.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Tahap Evaluasi (Evaluation)

Evaluasi dilakukan guna memperbaiki perangkat yang dikembangkan. Kesalahan dan kekurangan perangkat dianalisis dan dipakai demi penyempurnaan perangkat. Adapun kekurangan dan kesalahan selama penelitian ini yakni; (1) kekurangan dan kesalahan dalam isi Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dan RPP, baik segi penulisan, bahasa, maupun ilustrasi gambar yang digunakan sesuai saran validator; dam (2) kekurangan *pretest* dan *posttest* yang dikembangkan sesuai saran validator.

KESIMPULAN

Berdasarkan ulasan diatas, disimpulkan bahwa LKPD berbasis PBL dengan bantuan canva untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematika siswa pada materi bangun ruang sisi datar dinyatakan valid dengan skor rata-rata 4,24 dari nilai maksimal 5,00 dan validasi Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) dengan nilai rata-rata 4,25 masuk dalam kriteria valid. Kepraktisan LKPD yang dikembangkan dapat dilihat dari: 1) Hasil angket respon siswa diperoleh nilai rata-rata 3,51 dan berada pada kriteria “praktis”; 2) Hasil angket respon guru dengan nilai rata-rata penilaian 3,6 dan berada pada kriteria “praktis”. LKPD berbasis PBL dengan bantuan canva dinyatakan efektif dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematika siswa pada materi bangun ruang sisi datar ditinjau dari nilai rata-rata hasil pretest sebesar 58,79 yang meningkat sebesar 27,41 pada posttest dengan nilai rata-rata 58,79 dan berada pada kriteria “praktis". Peningkatan kemampuan matematika siswa berdasarkan N-Gain memiliki skor 0,66 dengan kategori sedang. Jika diperhatikan dari capaian indikator pemecahan masalah matematika siswa, pada (1) indikator pemahaman masalah memperoleh peningkatan sebesar 0,34 dengan kategori sedang; (2) pada indikator merencanakan penyelesaian memperoleh peningkatan sebesar 0,78 dengan kriteria tinggi; (3) pada indikator melaksanakan rencana memperoleh peningkatan sebesar 0,79 dengan kriteria tinggi; dan (4) pada indikator memeriksa kembali memperoleh peningkatan sebesar 0,59 dengan kriteria tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Agitsna, L. D., Wahyuni, R., & Friansah, D. (2019). Pengembangan lembar kerja siswa berbasis Problem Based Learning pada materi bangun ruang sisi datar. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, *8*(3), 429-437.

Albay, E. M. (2019). Analyzing the effects of the problem solving approach to the performance and attitude of first year university students. *Social Sciences & Humanities Open*, 1(1), 100006. https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2019.1 00006.

Ali, D. (2022). *Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Problem Based Learning Dengan Pendekatan Kontekstual Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa* (Doctoral Dissertation, Universitas Lampung)

Ali, D., Nurhanurawati, & Noer, S. H. (2022). Pengembangan LKPD Berbasis Poblem Based Learning Dengan Pendekatan Kontekstual Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, *11*(2), 829–838. https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i2.4760

Astuti, S., Danial, M., & Anwar, M. (2018). Pengembangan LKPD berbasis PBL (problem based learning) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi kesetimbangan kimia. *Chemistry Education Review (CER)*, *1*(2), 90-114.

Dinda, Ambarita, A., Herpratiwi, & Nurhanurawati. (2021). Pengembangan LKPD Matematika

Berbasis PBL Untuk Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, *5*(5), 3712–3722. https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i5.1439

Festina, Z. I.., & Warniasih, K.. (2021). Pengembangan LKPD Berbasis Problem Based Learning Untuk Memfasilitasi Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika Kelas X MIPA SMA N 1 Kasihan. *Indonesian Journal Of Education and Humanity*, *1*(4), 185–194.

Fitria, I., Maryana, M., & Isfayani, E. (2022). Pengembangan Lembar Kerja Siswa Berbasis Problem Based Learning Terintegrasi Kemampuan Pemecahan Masalah Materi Bangun Ruang Sisi Datar Kelas VIII SMP Negeri 1 Banda Baro. *Jurnal MathEducation Nusantara*, *5*(2), 42-48.

Gaol, Y. A. L., Hombing, Y. B., Simanihuruk, H. F., Sihombing, D. I., & Siahaan, F. B. (2022). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Pada Pokok Bahasan Lingkaran Kelas VIII SMP Methodist 9 Medan T.A 2021/2022. *Sepren: Journal of Mathematics Education and Applied*, *October*, 78–90. https://jurnal.uhn.ac.id/index.php/sepren/article/view/821

Harefa. D, dkk (2020). Peningkatan Hasil Belajar Melalui Model Problem Based Learning Terintergrasi Brainstorming Berbasis Modul Matematika SMP. *Histogram: Jurnal Pendidikan Matematika,* 4(2), 270-289.

Khoiri, N., Ristanto, S., & Kurniawan, A. F. (2023). *E-LKPD based on Problem-Based Learning on Physical Quantity Measurements to Improve Decision-Making Skills*.

Komalasari, N., Margunayasa, I.G., & Divayana, D.G.H. 2022. Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Digital Berbasis Problem Based Learning (PBL) Pada Materi Matematika Kelas V SD. PENDASI: Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia, 6(1): 75-83.

Lase, N. K., & Lase, R. K. (2020). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (Lkpd) Berbasis Problem Based Learning pada Materi Interaksi Makhluk Hidup Dengan Lingkungan Kelas VII SMP. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran*, 3(2), 450–461.

Mukti, F., Connie, C., & Medriati, R. (2018). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Pembelajaran Fisika Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa SMA Sint Carolus Kota Bengkulu. *Jurnal Kumparan Fisika*, *1*(3 Desember), 57-63.

Nanda, A. (2019). *Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Menggunakan Model Missouri Mathematics Project* (Doctoral dissertation, UIN Ar-Raniry Banda Aceh).

Nasution, M. D., Oktaviani, W., Utara, S., & Utara, S. (2020). Pengembangan perangkat pembelajaran matematika berbasis masalah untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa SMP Pab 9 Klambir V TP 2019/2020. *Journal Mathematics Education Sigma [JMES]*, *1*(1), 46-54.

Nugrahwidi, E. D., Relmasira, S. C., & Hardini, A. T. A. (2019). Upaya Peningkatan Penguasaan Konsep Geometri Matematika Berdasarkan Teori Belajar Bruner pada Siswa Kelas IV SD. *JTAM (Jurnal Teori Dan Aplikasi Matematika)*, *3*(2), 105-113.

Nurhasanah, D. S., & Luritawaty, I. P. (2021). Model Pembelajaran REACT Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis. *Plusminus: Jurnal Pendidikan Matematika*, *1*(1), 71–82. https://doi.org/10.31980/plusminus.v1i1.1027

Polya, G. (1973). *How To Solve it: A New Aspect of Mathematical Method*. New Jersey, USA: Pricenton University Press.

Prastowo, A. 2014. *Panduan Penyusunan LKPD*. Yogyakarta: Diva Press

Prastowo. (2015). *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: Diva Press

Sukma, Y., & Priatna, N. (2021). Pengaruh self-efficacy terhadap kemampuan berpikir kritis siswa

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pada mata pelajaran matematika. *Jurnal Ilmiah Soulmath: Jurnal Edukasi Pendidikan Matematika*, *9*(1), 75-88.

Suyitno, S. (2018). *Metodologi Penelitian Tindakan Kelas, Eksperimen dan R & D.* Vol. 1. 1st ed. Bandung: Alfabeta.

Wardani, D. A. W. (2023). Problem based learning: membuka peluang kolaborasi dan pengembangan skill siswa. *Jawa Dwipa*, *4*(1), 1-17.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengambilan Keputusan Pemberian Kredit Menggunakan Metode Fuzzy Weighted Product Pada KSP3 Nias Cabang Gunungsitoli

Tri Andri Hutapea[1], Kathrin Nissiputri Lase[2]
[1,2]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author:* kathrinnissi@gmail.com

Abstrak, Kebutuhan kredit di Indonesia pada tahun 2023 tercatat sebesar 22,97%, namun dalam hal ini masih banyak terdapat kredit bermasalah. Tingkat persentase kredit macet pada KSP3 Nias Cabang Gunungsitoli tahun 2023 sebesar 55% dan kredit lancar sebesar 45%. Tujuan dari penelitian ini adalah mengoptimalkan pengambilan keputusan dalam analisis kelayakan kredit melalui proses perhitungan metode Fuzzy Weighted Product menggunakan bahasa pemrograman Python. Data yang digunakan dalam studi penelitian ini berasal dari 20 orang anggota pemohon kredit pada KSP3 Nias Cabang Gunungsitoli serta beberapa kriteria penilaian. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan nilai tertinggi adalah alternatif A5 dengan nilai $V = 0{,}0959$. Sesuai ketentuan bahwa dari 20 anggota pemohon kredit yang layak menerima kredit dengan nilai minimal 0,03 yaitu peringkat 1 sampai 17.
Kata kunci: Fuzzy Weighted Product; Kredit; Sistem Pendukung Keputusan

Abstract, *The credit demand in Indonesia in 2023 was recorded at 22.97%, but in this case there are still non-performing loans. The percentage level of bad credit at KSP3 Nias Gunungsitoli Branch in 2023 was 55% and current credit was 45%. The purpose of this research is to optimize decision making in creditworthiness analysis through the calculation process of the Fuzzy Weighted Product method using the Python programming language. The data used in this research study comes from 20 members of credit applicants at KSP3 Nias Gunungsitoli Branch and several assessment criteria. The research results obtained show that the highest value is alternative A5 with a value of* $V = 0{,}0959$. *In accordance with the provisions that of the 20 credit applicant members who are eligible to receive credit with a minimum value of 0.03 namely rank 1 to 17.*
Keywords*: Fuzzy Weighted Product; Credit; Decision Support System*

Citation : Hutapea, T.A., & Lase, K.N. (2024). Pengambilan Keputusan Pemberian Kredit Menggunakan Metode Fuzzy Weighted Product Pada KSP3 Nias Cabang Gunungsitoli. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 22-30

PENDAHULUAN

Setiap individu selalu berusaha untuk memenuhi kebutuhannya, namun kemampuannya untuk mencapai apa yang diinginkan tersebut terbatas sehingga minat masyarakat untuk mendapatkan pinjaman keuangan semakin meningkat (Hutapea & Girsang, 2024). Melalui kredit, masyarakat dapat memperoleh dana untuk investasi atau modal kerja yang diharapkan dapat membantu dalam mengembangkan usahanya (Divianitas & Aslamiyah, 2022). Namun, dalam pemberian kredit berpotensi menimbulkan risiko berupa keterlambatan pembayaran yang disebut dengan kredit (*Non*

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Performing Loan/NPL), ketika nasabah bank tidak mampu membayar kembali pinjamannya secara tepat waktu (Hunawa, 2018). Berdasarkan data Statistik Ekonomi dan Keuangan Indonesia, rasio kredit macet (*Non-Performing Loan*/NPL) kredit UMKM terlihat meningkat menjadi 3,87% pada September 2023 dibandingkan 3,41% pada akhir tahun 2022.

Kredit mempunyai peranan yang sangat penting, khususnya di wilayah Sumatera Utara. Hal ini sesuai dengan pernyataan OJK Regional 5 Sumbagut, bahwa kontribusi kredit UMKM mencapai 30,4% pada September 2023 dan lebih tinggi dibandingkan September 2022 yaitu 26,71%. Namun dalam pelayanan kredit masih terdapat kredit bermasalah. Bank Sumut menyatakan persentase kredit lancar sebesar 5,56% dan kredit bermasalah (NPL) sebesar 2,38% pada tahun 2023. Pada penelitian yang dilakukan Jufrizen dkk (2019), PT. Bank Perkreditan Rakyat Duta Adiarta Medan juga mengalami kredit bermasalah, terlihat dari penurunan yang terjadi selama enam periode akibat meningkatnya kredit macet. Untuk meminimalisir kredit bermasalah dalam pemberian kredit, Bank Perkreditan Rakyat Duta Adiarta Medan harus melalui prosedur yang dilakukan secara profesional dan menggunakan prinsip kehati-hatian sehingga faktor penyebab kredit bermasalah atau kredit macet dapat diminimalisir.

Koperasi Simpan Pinjam Pengembangan Pedesaan (KSP3) Nias Cabang Gunungsitoli adalah salah satu koperasi yang menyediakan produk simpan pinjam. Berdasarkan observasi yang dilakukan, persentase kredit macet pada koperasi ini pada tahun 2023 sebesar 55% dan kredit lancar sebesar 45%. Koperasi memberikan layanan pinjaman uang kepada anggotanya dan memiliki kriteria tertentu untuk menentukan kelayakan peminjaman (Agustina dkk, 2022). Analisis kredit digunakan untuk menilai apakah suatu permohonan kredit layak untuk disetujui dan sebagai dasar pertimbangan sebelum koperasi memutuskan menerima atau menolak permohonan nasabah (Divianitas & Aslamiyah, 2022). Oleh karena itu, proses analisis kelayakan kredit merupakan hal yang perlu diperhatikan untuk mengatasi dan mengurangi tingkat terjadinya kredit macet (Izzah & Ardianik, 2018).

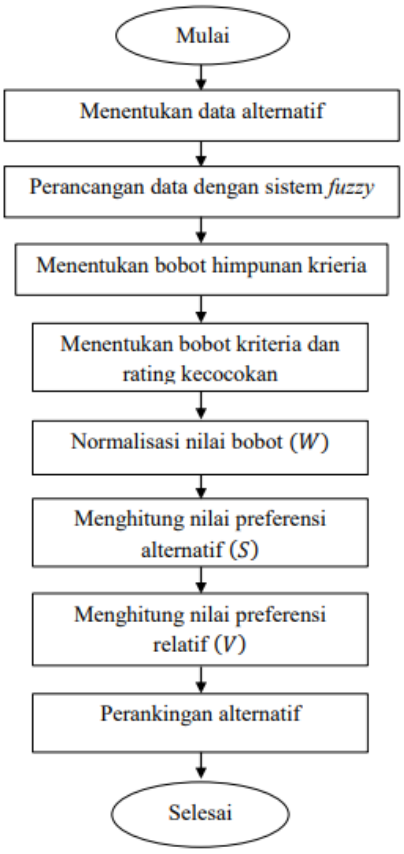
Sistem Pendukung Keputusan (SPK) adalah sistem berbasis komputer yang dirancang untuk membantu dalam pengambilan keputusan dengan menggunakan data dan model tertentu untuk menyelesaikan permasalahan (Irmayani dkk, 2024). Metode *Weighted Product* merupakan salah satu metode sistem pendukung keputusan yang digunakan dalam pengambilan keputusan secara praktis karena konsepnya sederhana dan mudah dipahami serta mempermudah penggunanya dalam melakukan pembobotan kriteria (Suhada dkk, 2018). Dalam mengatasi permasalahan seleksi dengan banyak kriteria dan alternatif digunakan logika *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making* (FMADM) untuk merepresentasikan ketidakpastian atau ambiguitas. Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Sari dkk (2019) mengenai evaluasi kinerja pegawai menggunakan metode *Fuzzy Weighted Product* dengan 6 kriteria dan 5 alternatif diperoleh nilai tertinggi sebesar 0,2355 sehingga peneliti menyimpulkan bahwa metode FWP dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja pegawai agar penilaian yang dilakukan lebih efektif. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Ispriyanti dkk (2020) mengenai pemilihan penerima beasiswa dengan metode *Fuzzy Weighted Product* dengan menggunakan 6 kriteria dan 170 alternatif diperoleh nilai tertinggi sebesar 0,8839 sehingga metode FWP efektif digunakan untuk penyeleksian penerima beasiswa.

Berdasarkan uraian yang dijelaskan diatas, dengan kombinasi logika *fuzzy* dan metode *Weighted Product* menggunakan bahasa pemrograman Python diharapkan dapat membantu

menyelesaikan pekerjaan dengan lebih cepat dan akurat, serta memberikan rekomendasi nasabah calon kreditur yang layak mendapatkan pinjaman. Dengan demikian, penulis melakukan penelitian dengan judul "Pengambilan Keputusan Pemberian Kredit Menggunakan Metode *Fuzzy Weighted Product* Pada KSP3 Cabang Nias Gunungsitoli".

METODE PENELITIAN

Data sekunder yang digunakan adalah data nasabah pemohon kredit yang diperoleh dari KSP3 Nias Cabang Gunungsitoli. Sedangkan data primer yang digunakan adalah kriteria pengambilan keputusan yang diperoleh melalui observasi dan wawancara. Pada penelitian ini, kriteria yang digunakan adalah usia, jumlah simpanan, penghasilan, besar pinjaman, jangka waktu pengembalian dan jaminan. Prosedur penelitian yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:



Gambar 1. Flowchart Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

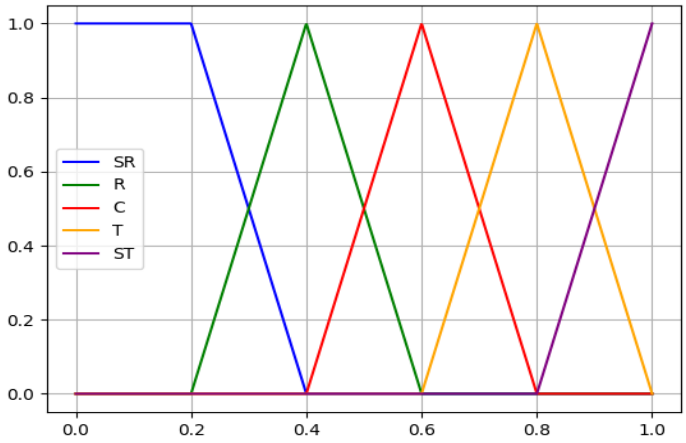
Penentuan data alternatif dan kriteria, Data alternatif yang digunakan adalah data nasabah pemohon kredit pada KSP3 Nias Cabang Gunungsitoli yang tertera pada tabel 1.

Tabel 1. Data Alternatif dan Kriteria (KSP3 Nias Cabang Gunungsitoli)

Nama	Usia (tahun)	Penghasilan (Juta)	Jumlah Simpanan (Rp.)	Pinjaman (Juta)	Jangka Waktu (Bulan)	Jaminan
A1	41	3,5	6.649.138	27	27	Sertifikat Tanah

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

A2	35	5,0	20.471.308	90	48	Sertifikat Tanah
A3	36	2,8	5.274.116	12	12	Sertifikat Tanah
A4	39	3,0	5.577.287	15	24	Sertifikat Tanah
A5	44	5,0	100.493.448	500	60	Sertifikat Tanah
A6	60	4.0	39.192.330	120	48	Sertifikat Tanah
A7	40	3.0	4.185.547	15	24	Sertifikat Tanah
A8	35	4.0	14.673.250	50	40	Sertifikat Tanah
A9	36	3.0	5.876.048	20	24	SPPF
A10	49	3.5	9.789.973	20	24	Sertifikat Tanah
A11	35	3.0	5.690.168	10	10	Sertifikat Tanah
A12	55	4.0	13.215.986	60	40	Sertifikat Tanah



Gambar 2. Representasi himpunan *fuzzy* untuk bobot

Pada perancangan sistem *fuzzy* terdiri dari beberapa tahapan, mulai dari penentuan himpunan *Fuzzy* untuk bobot hingga penentuan kriteria. Penentuan himpunan *fuzzy* untuk bobot (Gambar 2), bobot yang digunakan adalah bilangan *fuzzy* yang dapat dikonversikan ke bilangan *crisp*. Bobot ini akan digunakan dalam perhitungan model *Weighted Product*. Pembobotan terdiri dari lima himpunan *fuzzy* yaitu Sangat Rendah (SR), Rendah (R), Cukup (C), Tinggi (T), dan Sangat Tinggi (ST), seperti ditunjukkan pada gambar berikut (Suhada dkk, 2018). Selanjutnya penentuan nilai kriteria yang ditunjukkan pada tabel 2. Dalam mengambil keputusan tersebut ada objek yang akan digunakan yaitu kriteria dan alternatif (Ilham dkk, 2021). Pada penelitian ini, pembobotannya menggunakan nilai *fuzzy* yang telah didefuzzifikasi untuk mengukur penilaian kelayakan anggota penerima kredit dengan rincian pada tabel 2

Tabel 2. Nilai kriteria

Kriteria	Subkriteria	Bobot	Himpunan
Usia	$20 \leq x \leq 34$	1	Sangat Tinggi
	$35 \leq x \leq 39$	0,8	Tinggi
	$40 \leq x \leq 49$	0,6	Cukup
	$50 \leq x \leq 60$	0,4	Rendah
	$x > 60$	0,2	Sangat Rendah
Penghasilan	$x < 2000000$	0,2	Sangat Rendah
	$2000000 \leq x \leq 3000000$	0,4	Rendah
	$3000000 < x \leq 4000000$	0,6	Cukup
	$4000000 < x \leq 5000000$	0,8	Tinggi
	$x > 5000000$	1	Sangat Tinggi
Jumlah simpanan	$2000000 \leq x \leq 6000000$	0,2	Sangat Rendah
	$6000000 < x \leq 11000000$	0,4	Rendah
	$11000000 < x \leq 20000000$	0,6	Cukup
	$20000000 < x \leq 100000000$	0,8	Tinggi
	$x > 100000000$	1	Sangat Tinggi
Besar pinjaman	$x \leq 18000000$	1	Sangat Tinggi
	$18000000 < x \leq 35000000$	0,8	Tinggi
	$35000000 < x \leq 80000000$	0,6	Cukup
	$80000000 < x \leq 100000000$	0,4	Rendah
	$x > 100000000$	0,2	Sangat Rendah
Jangka waktu (bulan)	$x < 24$	1	Sangat Tinggi
	$24 < x \leq 31$	0,8	Tinggi
	$31 < x \leq 48$	0,6	Cukup
	$48 < x \leq 60$	0,4	Rendah
	$x > 60$	0,2	Sangat Rendah
Jaminan	SPPF, SPPT	0,2	Sangat Rendah
	SPPH DGR	0,4	Rendah
	SJBT	0,6	Cukup
	Akta Jual Beli	0,8	Tinggi
	Sertifikat Tanag	1	Sangat Tinggi

Pada metode *Fuzzy Weighted Product*, setiap kriteria memiliki tingkat kepentingan masing-masing yang ditetapkan. Penentuan bobot tertinggi perlu didasarkan pada evaluasi atau pertimbangan yang berbeda-beda pada setiap permasalahan. Dalam studi penelitian ini, jumlah simpanan dipandang sebagai variabel terpenting dalam menilai kelayakan pemberian kredit, sehingga kriteria ini dapat diberi bobot tertinggi untuk menekankan signifikansinya dalam proses pengambilan keputusan. Nilai bobot preferensi tingkat kepentingan yang diperoleh dari KSP3 Cabang Nias Gunungsitoli dapat dilihat pada Tabel 3. Untuk menentukan rating atau nilai kecocokan, nilai diperoleh dari Tabel 1 yang dipasangkan dengan bobot masing-masing kriteria seperti usia, penghasilan, jumlah simpanan, besar pinjaman, jangka waktu, dan jaminan. Peringkat kesesuaian masing-masing alternatif dapat dilihat pada Tabel 5;

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Tabel 3. Bobot kepentingan kriteria

Kode Kriteria	Kriteria	Tingkat Kepentingan	Bobot
C1	Usia	Sangat Rendah	0,2
C2	Penghasilan	Cukup	0,6
C3	Jumlah Simpanan	Sangat Tinggi	1
C4	Besar Pinjaman	Tinggi	0,8
C5	Jangka Waktu	Rendah	0,4
C6	Jaminan	Cukup	0,6
Jumlah			3,6

Tabel 4. Rating kecocokan setiap alternatif

Alternatif	Kriteria					
	Usia	Penghasilan	Jumlah Simpanan	Besar Pinjaman	Jangka Waktu	Jaminan
A1	0,6	0,4	0,4	0,8	0,8	1
A2	0.8	0,8	0,8	0,4	0,6	1
A3	0,8	0,2	0,2	1	1	1
A4	0,8	0,2	0,2	1	1	1
A5	1	0,8	1	0,2	0,4	1
A6	0,4	0,6	0,8	0,2	0,6	1
A7	0,6	0,2	0,2	1	1	1
A8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	1
A9	0,8	0,2	0,2	0,8	1	0,2
A10	0,6	0,4	0,4	0,8	1	1
A11	0,8	0,2	0,2	1	1	1
A12	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	1
A13	0,4	0,2	0,2	0,8	1	1
A14	0,6	0,6	0,6	0,8	1	0,6
A15	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	1
A16	1	0,6	0,8	0,6	0,6	0,2
A17	0,6	0,2	0,6	0,8	0,6	1
A18	1	0,8	0,8	0,2	0,6	0,8
A19	1	0,2	0,2	1	1	0,4
A20	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	1

Berdasarkan bobot kepentingan setiap kriteria yang diuraikan pada Tabel 4 diatas, maka akan menghasilkan bobot baru. Bobot kriteria yang telah dinormalisasi akan digunakan sebagai eksponen dalam menghitung nilai preferensi alternatif (S). Rumus yang digunakan untuk normalisasi bobot kriteria adalah sebagai berikut (Suhada dkk, 2018) dengan W_j = Bobot kriteria yang telah dinormalisasi untuk kriteria ke-j; W'_j = Bobot awal kriteria ke-j; dan $\sum W_j$ = Total bobot kriteria. Dengan menggunakan Persamaan (1) diatas, maka diperoleh hasil normalisasi bobot yaitu $W_1 = 0{,}06,\ W_2 = 0{,}17,\ W_3 = 0{,}28,\ W_4 = 0{,}22,\ W_5 = 0{,}11,$ dan $W_6 = 0{,}17$ dengan nilai total bobot adalah 1.

$$W_j = \frac{w'_j}{\sum w_j} \text{ dengan } j = 1,2,3,\ldots, \quad (1)$$

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Tahap berikutnya adalah menghitung nilai preferensi alternatif (S) dengan cara mengalikan setiap data rating kesesuaian alternatif dengan bobot hasil normalisasi. Dalam perhitungan ini, pangkat positif untuk kriteria *benefit* dan pangkat negatif untuk kriteria *cost*. Persamaan yang digunakan dalam menentukan nilai preferensi alternatif (S) adalah sebagai berikut (Suhada dkk, 2018), dengan $S_i =$ Nilai preferensi alternatif (S) pada setiap alternatif ke-i; $X_{ij} =$ Nilai alternatif ke-i pada kriteria ke-j; $W_j =$ Nilai bobot baru pada setiap kriteria ke-j; dan $n =$ Jumlah kriteria.

$$S_i = \prod_{j=1}^{n} X_{ij}^{W_j} \text{ dengan } i = 1,2,3, \dots m \text{ dan } j = 1,2,3, \dots n \quad (2)$$

Menghitung nilai preferensi relatif (V) dengan menggunakan nilai preferensi alternatif (S) untuk memperoleh nilai alternatif yang paling tinggi. Persamaan yang akan digunakan untuk menentukan nilai V sebagai berikut (Sinlae, 2023), dengan $V_i =$ Nilai preferensi relatif (V) untuk setiap alternatif ke-i; $X =$ Nilai kriteria ; $W_j =$ Bobot untuk setiap kriteria ke-j; $i =$ Alternatif ke-i; $j =$ Kriteria ke-j; dan $n =$ Jumlah kriteria. Hasil perhitungan preferensi dan hasil perankingan dengan mengurutkan hasil preferensi relatif (V) mulai dari nilai terbesar hingga nilai terkecil dapat dilihat pada tabel 6.

$$V_i = \frac{\prod_{j=1}^{n} X_{ij}^{W_j}}{\sum_{k=1}^{m}\left(\prod_{j=1}^{n} X_{ij}^{W_j}\right)} \text{ dengan } j = 1,2,3, \dots, n \quad (3)$$

Tabel 6. Hasil Preferensi

Alternatif	Nilai Preferensi Alternatif (S)	Nilai Preferensi Relatif (V)	Ranking
A1	0,7349	0,0450	**12**
A2	1,1862	0,0727	**4**
A3	0,4912	0,0301	**16**
A4	0,4912	0,0301	**17**
A5	1,5645	0,0959	**1**
A6	1,3715	0,0840	**2**
A7	0,4998	0,0306	**15**
A8	0,9532	0,0584	**7**
A9	0,3924	0,0240	**20**
A10	0,7171	0,0439	**13**
A11	0,4912	0,0257	**18**
A12	0,9937	0,0609	**5**
A13	0,5378	0,0329	**14**
A14	0,7890	0,0483	**9**
A15	0,9937	0,0609	**6**
A16	0,7754	0,0475	**10**
A17	0,7553	0,0463	**11**
A18	1,3125	0,0804	**3**
A19	0,4148	0,0254	**19**
A20	0,9275	0,0568	**8**

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan dengan menerapkan metode *Fuzzy Weighted Product* untuk mengetahui kelayakan pemberian kredit pada KSP3 Cabang Nias Gunungsitoli

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

diperoleh skor tertinggi berdasarkan kriteria usia, penghasilan, jumlah simpanan, besar pinjaman, jangka waktu dan jaminan, yaitu A5 dengan nilai $V = 0{,}959$. Sesuai dengan ketentuan bahwa dari 20 data pemohon kredit anggota yang layak menerima kredit dengan nilai minimal 0,03 yaitu peringkat 1 sampai dengan 19 dengan alternatif urutan A5, A6, A18, A2, A12, A15, A8, A20, A14, A16, A17 , A1, A10, A13, A7, A3, A4, A11 dan A19.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang terlibat dan memberikan saran dalam penyusunan penelitian ini sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan artikel dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Agustina, E., dkk. (2022). Sistem Pendukung Keputusan Penerima Bantuan Program Keluarga Harapan Menggunakan Metode Weighted Product (Studi Kasus : Kelurahan Wandoka Utara). *Jurnal Matematika Komputasi Dan Statistika*, *2*(2), 76–84. https://doi.org/10.33772/jmks.v2i2. 11

Divianitas, F., & Aslamiyah, S. (2022). Analisis Pemberian Kredit Pada Perusahaan Umum Daerah BPR Bank Gresik. *Jurnal Ekonomi Dan Bisnis*, *5*(1), 75–95. https://doi.org/10.34005/ kinerja.v5i01.2290

Hunawa, D. P. (2018). Aplikasi Logika Fuzzy untuk Keputusan Kelayakan Kredit Bank. *Jurnal Kajian Dan Terapan Matematika*, *7*(2), 1–7. https://journal.student. uny.ac.id/jktm/article/view/ 11144

Hutapea, T. A., & Girsang, I. L. D. (2024). Pemodelan Matematis untuk Peramalan PDRB Atas Dasar Harga Konstan Di Sumatera Utara dengan Metode Polinomial dan Eksponensial. *Innovative: Journal Of Social Science*, *4*(2), 3310–3322. http://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/9726%0

Ilham, M., dkk. (2021). Penggunaan Metode Fuzzy Dalam Membangun Sistem Pendukung Keputusan Pemberian Pembiayaan di Koperasi Syariah Benteng Mikro Indonesia Cabang Jasinga. *MathVisioN*, *3*(2), 51–57. https://doi.org/10.55719/mv.v3i2.296

Irmayani, Saniman, & Syaifuddin. (2024). Sistem Pendukung Keputusan Untuk Menentukan Peminjaman Dana Kredit Berdasarkan Data Nasabah Menggunakan Metode WP. *Sistem Informasi*, *3*(4), 562–572. https://doi.org/10.53513/jursi.v3i4.7897

Ispriyanti, D., dkk. (2020). Penerapan Metode Fuzzy Weighted Product (WP) Dengan Pembobotan Entropy (Studi Kasus: Seleksi Penerimaan Beasiswa PPA FSM Undip 2017). *Jurnal Statistika Universitas Muhammadiyah Semarang*, *8*(1), 18–23. https://doi.org/10.26714/ jsunimus.8.1.2020.%25p

Izzah, N., & Ardianik, A. (2018). Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Supplier Obat Menggunakan Metode Weighted Product. *Buana Matematika : Jurnal Ilmiah Matematika Dan Pendidikan Matematika*, *8*(2:), 73–80. https://doi.org/10.36456/buana_matematika.8.2:.1731.73-80. https://doi.org/10.36456/buana_matematika

Jufrizen, dkk. (2019). Analisis Penyaluran Kredit Kepada Masyarakat Dalam Meningkatkan

Perolehan Pendapatan (Studi Pada PT.Bank Perkreditan Rakyat Duta Adiarta Medan). *Ekonomikawan: Jurnal Ilmu Ekonomi Dan Studi Pembangunan*, *19*(1), 67–75. https://doi.org/10.30596/ekonomikawan.v19i1.2891

Sari, H. L., dkk. (2019). The Implementation of Fuzzy Multiple Attribute Decision Making by Using Weighted Product Algorithm in Evaluating Employees' Performance. *Journal of Physics*, *1255*(1), 1–6. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1255/1/012093

Sinlae, F. (2023). New Employee Selection Method Weighted Product At Pt. Xyz. *JURTEKSI*, *9*(4), 707–714. https://doi.org/10.33330/jurteksi.v9i4.2599

Suhada, S., dkk. (2018). Penerapan Fuzzy MADM Model Weighted Product dalam Pengambilan Keputusan Kelayakan Penerimaan Kredit di BPR Nusamba Sukaraja (The Application of Fuzzy MADM Model Weighted Product in Decisions Support of Credit Worthiness in the BPR Nusamba Sukaraja). *JUITA*, *6*(1), 61–71. https://doi.org/10.30595/juita.v6i1.2517

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Peramalan Tingkat Inflasi Indonesia Menggunakan *Machine Learning* Dengan Metode *Backpropagation Neural Network*

Klara Miranda Situngkir[1*]
[1]*Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Indonesia*
**Corresponding Author: klaramiranda53@gmail.com*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model peramalan tingkat inflasi Indonesia menggunakan metode Backpropagation Neural Network (BPNN). Peramalan tingkat inflasi yang akurat sangat membantu pengambil kebijakan dalam merencanakan kebijakan ekonomi. Data inflasi Indonesia dari tahun 2000 hingga 2023, yang dikelompokkan berdasarkan Classification of Individual Consumption According to Purpose (COICOP) 2018, digunakan sebagai input untuk melatih model jaringan saraf tiruan ini. Metode BPNN dipilih karena kemampuannya dalam memodelkan pola non-linear yang kompleks dalam data inflasi. Pelatihan dilakukan dengan data latih sebanyak 144 menggunakan bahasa pemrograman Python, dengan konfigurasi terbaik yang ditemukan adalah 10 neuron pada hidden layer, learning rate sebesar 0.1, dan momentum 0.5. Dalam pengujian, didapatkan tingkat akurasi sebesar 84.96%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode BPNN efektif dalam meramalkan tingkat inflasi Indonesia dengan tingkat akurasi yang cukup baik.
Kata kunci: *Inflasi, Peramalan, Backpropagation Neural Network, Jaringan Saraf Tiruan*

Abstract, *This research aims to develop a level forecasting model Indonesian inflation uses the Backpropagation Neural Network (BPNN) method. Accurate inflation rate forecasting is very helpful for policy makers planning economic policy. Indonesian inflation data from 2000 to 2023, grouped based on the Classification of Individual Consumption According to Purpose (COICOP) 2018, used as input for training this artificial neural network model. The BPNN method was chosen because of its capabilities in modeling complex non-linear patterns in inflation data. Training carried out with 144 training data using a programming language Python, with the best configuration found is 10 neurons in hidden layer, learning rate of 0.1, and momentum of 0.5. In testing, it was found accuracy rate of 84.96%. The research results show that the method BPNN is effective in predicting Indonesia's inflation rate with a degree of accuracy which is quite good.*
Keywords*: Inflation, Forecasting, Backpropagation Neural Network, Network Artificial Neural*

Citation: Situngkir, K. M. (2024). Peramalan Tingkat Inflasi Indonesia Menggunakan Machine Learning Dengan Metode Backpropagation Neural Network. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 31 - 40

PENDAHULUAN

Peningkatan pertumbuhan ekonomi yang stabil merupakan salah satu ciri perekonomian negara yang baik. Inflasi merupakan salah satu indikator ekonomi untuk mengukur keberhasilan perekonomian suatu negara (Putong, 2015). Inflasi adalah kenaikan harga barang dan jasa secara umum dan terus menerus dalam jangka waktu tertentu. Kenaikan harga dari beberapa barang saja tidak dapat disebut inflasi kecuali terjadi kenaikan yang meluas atau mengakibatkan kenaikan harga pada barang lainnya (Bank Indonesia, 2024). Apabila kenaikan harga hanya terjadi dalam kurun waktu singkat atau hanya dalam hitungan harian belum bisa dikatakan inflasi karena inflasi mempunyai rentan waktu yang cukup lama.

Dalam beberapa tahun terakhir, dengan kemajuan dalam bidang kecerdasan buatan, *machine learning* telah menjadi alat yang efektif dalam peramalan tingkat inflasi. Salah satu metode machine learning yang populer adalah jaringan saraf tiruan (*neural network*), khususnya dengan implementasi

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

metode *backpropagation*. Metode *Backpropagation Neural Network* memiliki keunggulan dalam memodelkan pola non-linear dalam data inflasi, mengatasi kompleksitas data yang meliputi pola musiman, tren jangka panjang, dan interaksi variabel, serta memiliki kemampuan generalisasi untuk menghasilkan peramalan akurat pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Metode ini juga fleksibel dan dapat diperluas sesuai dengan kompleksitas data inflasi, dengan kemampuan untuk menyesuaikan fitur dan variabel yang relevan guna meningkatkan akurasi peramalan.

Dalam pengembangan model peramalan tingkat inflasi menggunakan *machine learning* dengan implementasi metode *backpropagation neural network*, beberapa parameter kunci akan dioptimalkan untuk meningkatkan akurasi peramalan. Penggunaan *hidden layer* memungkinkan jaringan saraf untuk menangkap kompleksitas dan non-linearitas dalam data inflasi (Prapcoyo & As' ad, 2023). *Hidden layer* berperan penting dalam mempelajari representasi internal yang lebih abstrak dari data input, sehingga dapat menangkap pola-pola rumit dan interaksi kompleks antara berbagai faktor ekonomi yang mempengaruhi tingkat inflasi.

Pemilihan *learning rate* yang tepat sangat penting dalam proses pelatihan model. *Learning rate* yang optimal membantu mencapai keseimbangan antara kecepatan konvergensi dan stabilitas model (Suhendra & Saputra, 2020). Dengan *learning rate* yang sesuai, jaringan saraf dapat mempelajari pola-pola dalam data inflasi secara efisien tanpa terjebak dalam *osilasi* atau *divergensi*. *Learning rate* yang terlalu tinggi dapat menyebabkan model tidak stabil dan tidak konvergen, sedangkan learning rate yang terlalu rendah dapat membuat proses pelatihan menjadi sangat lambat.

Penggunaan momentum dalam algoritma *backpropagation* membantu mempercepat konvergensi dan menghindari terjebak dalam minimum lokal (Irawan dkk. 2016). Momentum menambahkan faktor penggerak pada gradien, memungkinkan model untuk melewati titik-titik minimum lokal yang mungkin menghambat proses pelatihan. Dengan demikian, momentum membantu dalam mencapai konvergensi yang lebih cepat dan lebih efisien, meningkatkan kemampuan model dalam mempelajari pola-pola kompleks dalam data.

Dalam konteks peramalan inflasi, momentum dapat membantu model mengatasi fluktuasi jangka pendek dalam data dan fokus pada tren jangka panjang yang lebih relevan, mengingat data inflasi seringkali mengandung noise dan fluktuasi musiman. Jumlah *epoch* yang tepat penting untuk mencapai keseimbangan antara *underfitting* dan *overfitting*. Optimalisasi jumlah *epoch* membantu model mempelajari pola penting dalam data inflasi historis sekaligus mempertahankan kemampuan generalisasi untuk data masa depan (Masykur et al., 2022).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Wiranto, et al. (2023) menunjukkan bahwa metode *backpropagation* dapat digunakan untuk memprediksi tingkat inflasi di Indonesia dengan akurasi yang cukup tinggi. Ahmad, et al. (2022) melakukan penelitian mengenai peramalan inflasi menggunakan *Backpropagation* dengan 12 *input layer*, 10 *hidden layer* pada data kota Padang 2013 - 2019. Dimana fungsi aktivasi yang digunakan adalah bipolar sigmoid serta learning rate 0.1 mampu menghasilkan tingkat akurasi yang baik dengan nilai *Mean Squared Error* (MSE) sebesar 0.010689. Penelitian yang dilakukan oleh Khairunnisa dan Syaharuddin (2022) juga menunjukkan bahwa metode *backpropagation* bisa digunakan dalam memprediksi tingkat inflasi kota Mataram. Dengan *maximal epoch* 1000, *learning rate* 0.2, dan momentum 0,7 didapatkan akurasi yang tinggi dengan nilai *Mean Square Error* (MSE) pada *training* sebesar 0.000709875.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model peramalan tingkat inflasi menggunakan machine learning dengan implementasi metode *backpropagation neural network*. Penelitian ini akan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

menggunakan data historis tingkat inflasi dan faktor-faktor ekonomi terkait sebagai *input* untuk melatih jaringan saraf tiruan. Selain itu, penelitian ini juga akan melakukan evaluasi kinerja model peramalan dengan melihat tingkat akurasi yang dihasilkan model. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan akurasi peramalan tingkat inflasi, sehingga dapat membantu para pengambil keputusan dalam merencanakan kebijakan ekonomi, manajemen risiko, dan pengambilan keputusan bisnis yang lebih baik.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian terapan, penelitian ini secara khusus memusatkan perhatian pada penerapan praktis hasil temuan ilmiah. Penelitian terapan adalah penelitian yang bertujuan untuk mencari solusi nyata terhadap permasalahan yang dihadapi masyarakat, industri, atau bidang tertentu. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menghasilkan pengetahuan yang dapat diterapkan secara praktis dalam situasi dunia nyata (Sudijono, 2010). Metode yang digunakan dalam penelitian ialah metode *Backpropagation Neural Network*.

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi variabel *input* dan variabel *output* dengan data yang digunakan mulai dari tahun 2000-2023. Dalam penelitian ini, terdapat 11 variabel *input* yang mengikuti data inflasi Indonesia berdasarkan kelompok pengeluaran menurut *Classification of Individual Consumption According to Purpose* (COICOP) 2018 yaitu; konsumsi (x_1); *style fassion* (x_2); kebutuhan rumah tangga (x_3); Kebutuhan alat rumah tangg (x_4); kesehatan (x_5); transportasi (x_6); komunikasi (x_7); *healing* (x_8); pendidikan (x_9); *restoran* (x_{10}); dan jasa (x_{11}). Sedangkan variabel *output* dalam penelitian ini ialah tingkat inflasi umum Indonesia.

HASIL

Dalam melakukan penelitian ini, data yang digunakan merupakan data inflasi bulanan mulai dari bulan januari 2000 sampai desember 2023 atau 24 tahun. Data dibagi menjadi dua variabel yaitu, data *input* (x) dan data *output* (y). Dalam penelitian terdapat perbedaan variabel data input sebagai berikut, data tahun 2000 - 2019 memiliki 7 kelompok pengeluaran berdasarkan *Classification of individual consumption by purpose* - (COICOP) sedangkan data tahun 2020 - 2023 memiliki 11 kelompok pengeluaran berdasarkan *Classification of individual consumption by purpose* (COICOP) 2018.

Dalam penelitian ini terdapat 11 variabel *input* (x) dan 1 variabel *output* (y). karena terdapat perbedaan jumlah variabel x antara data 2000 – 2019 (w) dan data 2020 – 2023 (x) maka dilakukan penyesuaian data untuk data tahun 2000 – 2019 dengan ketentuan sebagai berikut: x_1 diisi dengan rata - rata dari data w_1 dan w_2 dengan cara menambah w_1 dan w_2 kemudian dibagi dua, ini dilakukan utuk tiap data bulanan yang diperoleh; x_2 diisi dengan data w_3; x_3 diisi dengan data w_3; x_4 diisi dengan rata - rata dari data x_4 pada periode tahun 2020 – 2023; x_5 diisi dengan data w5; x_6 diisi dengan data w_7; x_7 diisi dengan data w_7; x_8 diisi dengan data w_6; x_9 diisi dengan data w_6; x_{10} diisi dengan rata - rata dari data x_{10} pada periode tahun 2020 – 2023; x_{11} diisi dengan rata - rata dari data x_{11} pada periode tahun 2020 – 2023 sehingga memperoleh data tabel 1.

Tabel 1 Data Input dan Output Tingkat Inflasi Indonesia

res	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	...	x_{11}	y
1	1.645	1.83	0.47	0.208	0.23	0.86	...	0.346	1.32
2	-0.125	0.98	0.47	0.208	0.44	-0.13	...	0.346	0.07

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

3	-1.185	0.13	0.42	0.208	0.26	0.32	...	0.346	0.45
4	0.405	0.17	1.17	0.208	1.1	1.62	...	0.346	0.56
5	-0.06	0.85	1.84	0.208	0.4	2.47	...	0.346	0.84
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
288	1.07	0.18	0.01	0.1	0.04	0.45	...	0.46	0.41

Sebelum dilakukan proses peramalan, data akan di normalisasi terlebih dahulu dengan interval 0.1 - 0.9. Normalisasi data ini penting untuk memastikan bahwa semua fitur memiliki skala yang sama, sehingga algoritma pembelajaran mesin dapat mempelajari pola dengan lebih efektif dan tidak bias terhadap fitur dengan nilai yang lebih besar. Diketahui bahwa dalam dataset memiliki nilai terkecil dan terbesar ditunjukkan pada tabel 2. Penentuan normalisasidata digunakan persamaan 1, dalam menormalisasikan digunakan x_{max} dan x_{min} yang berbeda untuk setiap kolom. Rumus tersebut digunakan untuk menormalisasikan seluruh data pada dataset, kemudian diperoleh nilai yang ditunjukkan pada tabel 3.

$$x' = \frac{(x - x_{\min})(0.9 - 0.1)}{x_{min} - x_{min}} + 0.1 \quad (1)$$

Tabel 2 Data Nilai Terkecil dan Terbesar Tiap Variabel

variabel	Terkecil	Terbesar
x_1	-1.8	5.225
x_2	-2.68	3.07
x_3	-0.45	7.4
x_4	-0.03	0.79
x_5	0	2.5
x_6	-4.04	28.5
x_7	-4.04	28.5
x_8	-0.28	9.63
x_9	-0.28	9.63
x_{10}	0.03	0.57
x_{11}	0.39	2.02
y	-0.45	8.7

Tabel 3 Normalisasi Data Input dan Output Tingkat Inflasi Indonesia

res	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	...	x_{11}	Umum
1	0.4923	0.7275	0.1938	0.3322	0.1736	...	0.3443	0.2548
2	0.2907	0.6092	0.1938	0.3322	0.2408	...	0.3443	0.1455
3	0.17	0.491	0.1887	0.3322	0.1832	...	0.3443	0.1787
4	0.3511	0.4965	0.2651	0.3322	0.452	...	0.3443	0.1883
5	0.2981	0.5911	0.3334	0.3322	0.228	...	0.3443	0.2128
6	0.3693	0.587	0.1866	0.3322	0.2056	...	0.3443	0.1831
7	0.4741	0.701	0.2152	0.3322	0.5128	...	0.3443	0.2513
...	...	...	...	...	...	...	...	...
288	0.4268	0.4979	0.1469	0.2268	0.1128	...	0.3822	0.1752

Pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan *Bacpropagation*, adapun langkah pelatihan model jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* secara manual adalah sebagai berikut (Arhami,2020). Langkah 1: Inisialisasi bobot dan bias dan parameter lainnya, Sebelum melakukan pelatihan, bobot dan bias pada

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

unit tersembunyi dan *output* terlebih dahulu harus diinisialisasi. Bobot di inisialisasi dengan diberi nilai acak seperti yang ada pada tabel 4 dan inisialisasi bobot & bias menuju lapisan keluaran ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 4 Inisialisasi Bobot dan Bias Menuju Lapisan Tersembunyi

Tahun	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	...	x_{11}	bias
z_1	0.4	0.116	0.589	0.586	0.198	0.876	...	0.125	0.332
z_2	0.861	0.876	0.212	0.236	0.496	0.72	...	0.609	0.229
z_3	0.686	0.766	0.334	0.152	0.128	0.852	...	0.351	0.844
z_4	0.579	0.27	0.393	0.859	0.827	0.816	...	0.507	0.746
z_5	0.225	0.245	0.465	0.873	0.307	0.578	...	0.826	0.607
z_6	0.225	0.247	0.728	0.747	0.63	0.837	...	0.299	0.797
z_7	0.146	0.343	0.26	0.344	0.349	0.171	...	0.428	0.743
z_8	0.793	0.52	0.511	0.178	0.516	0.257	...	0.704	0.249
z_9	0.581	0.446	0.574	0.647	0.537	0.136	...	0.283	0.814
z_{10}	0.666	0.333	0.137	0.452	0.248	0.36		0.162	0.531

Tabel 5 Inisialisasi Bobot dan Bias Menuju Lapisan Keluaran

	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}	z_{11}	Bias
y	0.746	0.817	0.354	0.188	0.282	0.442	0.754	0.789	0.106	0.509	0.434	0.746

Langkah selanjutnya langkah kedua melakukan langkah 3 - 9 dengan kondisi yang ingin dipenuhi (*epoch* = 1000). Langkah 3 merupakan *Fase Feedforwad* yakni menghitung keluaran unit tersembunyi (z_j) dengan persamaan 2 ditentukan nilai z_{in_j} yang kemudian digunakan untuk menentukan nilai z_j , maka diperoleh hasil seperti pada tebel 6.

$$z_{in_j} = b_{0j} + \sum_{i,j=1}^{n} x_i v_{ij} \tag{2}$$

Tabel 6 Hasil z_{in_j} pada unit tersembunyi

Z_{in_j}	z_{in_1}	z_{in_2}	z_{in_3}	z_{in_4}	z_{in_5}	z_{in_6}	z_{in_7}	z_{in_8}	z_{in_9}	$z_{in_{10}}$
Nilai	1.546	2.31	2.698	2.504	2.227	2.319	1.902	2.001	2.201	1.809

Menghitung aktivasi dengan fungsi sigmoid biner (persamaan 3). Menggunakan persamaan tersebut ditentukan nilai z_j dengan mengalikan z_{in_j} dan fungsi aktivasi sigmoid biner, maka diperoleh hasil z_j pada unit tersebunyi yang ditunjukkan pada tebal 7.

$$z_j = f\left(z_{in_j}\right) = \frac{1}{1 + e^{-z_{in_j}}} \tag{3}$$

Tabel 7. Hasil z_j pada unit tersembunyi

z_j	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}
Nilai	0.176	0.09	0.063	0.076	0.097	0.09	0.13	0.119	0.1	0.141

Pada langkah ke-4, menentukan hasil pada unit *output* y_k persamaan 4, dengan persaamaan tersebut dicari nilai y_{ink} dengan k = 1, maka didapatkan hasil sebagai berikut: $y_{in_1} = 0.582$. kemudian pada langkah ini juga menentukan aktivasi dengan fungsi sigmoid biner menggunakan persamaan 5.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Menggunakan persamaan 5 dengan menentukan nilai y_k dengan mengalikan y_{in_k} dan fungsi aktivasi sigmoid biner, maka diperoleh $y_k = 0.358$

$$y_{in_k} = b_{0j} + \sum_{j,k=1}^{n} z_j w_{jk} \tag{4}$$

$$y_k = f(y_{in_k}) = \frac{1}{1 + e^{-y_{in_k}}} \tag{5}$$

Langkah 5 merupakan fase *backpropagation* yakni menghitung nilai faktor δ pada unit *output* berdasarkan nilai kesalahan di setiap unit keluaran y_k, dengan $\delta_k = (y - y_k)y_k(1 - y_k)$ diperoleh $\delta_k = -0.024$. langkah selanjutnya adalah menghitung faktor δ pada unit tersembunyi berdasarkan kesalahan pada unit tersembunyi z_j menggunakan persamaan 6 dan diperoleh hasil δ_{in_j} pada unit tersembunyi yang ditunjukkan pada tabel 8. Kemudian δ untuk unit tersembunyi menggunakan persamaan $\delta_j = \delta_{in_j} z_j(1 - z_j)$, maka akan di temukan nilai δ_j yang ditunjukkan pada tabel 9.

$$\delta_{in_j} = \sum_{j,k=1}^{n} \delta_k w_{jk} \tag{6}$$

Tabel 8 Hasil δ_{in_j} pada unit tersembunyi

δ_{in_j}	δ_{in_1}	δ_{in_2}	δ_{in_3}	δ_{in_4}	δ_{in_5}	δ_{in_6}	δ_{in_7}	δ_{in_8}	δ_{in_9}	$\delta_{in_{10}}$
Nilai ($\times 10^{-2}$)	-1,8	-1,9	-0,8	-0,4	-0,7	-1,1	-1,8	-1,9	-0,3	-1,2

Tabel 9 Hasil δ_j pada unit tersembunyi

δ_j	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5	δ_6	δ_7	δ_8	δ_9	δ_{10}
Nilai ($\times 10^{-3}$)	-2,57	-1,60	-0,50	-0,31	-0,59	-0,86	-2,03	-1,99	-0,23	-1,47

Langkah 7 adalah menghitung suku perubahan bobot dan bias pada unit tersembunyi dengan persamaan $\Delta v_{ij} = \alpha \delta_j x_i$ dan $\Delta b_{0j} = \alpha \delta_j$, menggunakan persamaan tersebut akan ditemukan suku perubahan bobot dan bisa pada unit tersembunyi, seperti yang ditampilkan pada tabel 10. Kemudian untuk menghitung suku perubahan bobot dan dua bias pada unit keluaran menggunakan persamaan $\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k x_k$ dan $\Delta b_{0k} = \alpha \delta_k$ sehingga diperoleh tabel 11.

Tabel 10 Suku perubahan bobot dan bias pada unit tersembunyi (dalam notasi 10^{-5})

	x_1	x_2	x_3	...	x_{11}	bias
z_1	-12.7	-18.7	-5.0	...	-8.9	-25.7
z_2	-7.9	-11.6	-3.1	...	-5.5	-16.0
z_3	-2.5	-3.6	-1.0	...	-1.7	-5.0
z_4	1.5	-2.3	-0.6	...	-1.1	-3.1
z_5	-2.9	-4.3	-1.1	...	-2.0	-5.9
z_6	-4.2	-6.2	-1.7	...	-3.0	-8.6
z_7	-10.0	-14.8	-3.9	...	-7.0	-20.3
z_8	-9.7	-14.3	-3.8	...	-6.8	-19.7
z_9	-1.1	-1.6	-0.4	...	-8.0	-2.3
z_{10}	-7.2	-10.7	-2.8	...	-5.0	-1.47

Tabel 11 Suku perubahan bobot dan bias pada unit keluaran (dalam notasi 10^{-4})

z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}	Bias
-4,18	-2,15	-1,50	-1,80	-2,32	-2,13	-3,09	-2,84	-2,37	-3,35	-23,82

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Kemudian pada Langkah selanjutnya mennetukan perubahan bobot dan bias yang menuju unit keluaran dengan persamaan $w_{jk}(baru) = w_{jk}(lama) + \Delta w_{jk}$ dan $b_{k0}(baru) = b_{k0}(lama) + \Delta b_{k0}$. Sedangkan untuk perubahan bobot dan bias yang menuju unit tersembunyi menggunakan persamaan $v_{ij}(baru) = v_{ij}(lama) + \Delta v_{ij}$ dan $b_{0j}\ (baru) = b_{0j}\ (lama) + \Delta b_{0j}$ sehingga diperoleh nilai yang ditampilkan pada tabel 12.

Tabel 12 Perubahan bobot dan bias menuju lapisan tersembunyi dan keluaran(dalam notasi 10^{-1})

	x_1	...	x_{11}	bias	y	Bias
z_1	0.399873	...	0.124911	0.331743	7.45582	4.31618
z_2	0.860921	...	0.608945	0.228840	8.16785	
z_3	0.685975	...	0.350983	0.843950	3.53850	
z_4	0.578985	...	0.506989	0.745969	1.87820	
z_5	0.224971	...	0.825980	0.606941	2.81768	
z_6	0.224958	...	0.298970	0.796914	4.41787	
z_7	0.145900	...	0.427930	0.742797	7.53691	
z_8	0.792903	...	0.703932	0.248803	7.88716	
z_9	0.580989	...	0.282992	0.813977	1.05763	
z_{10}	0.665928	...	0.161950	0.530853	5.08665	

Kemudian dilanjukan adalah mengulangi sebanyak pola data yang dimiliki untuk 1 *epoch*, pada *epoch* ke-2 sampai ke-1000 dilakukan hal yang sama seperti langkah 3 hingga 8. Dalam menyelesaikan pelatihan model jaringan syaraf tiruan yang memiliki *epoch* hingga 1000 akan digunakan bahasa pemrograman python untuk penyelesaian model tersebut. Penyelesaian model menggunakan bahasa pemrograman python dilakukan dengan 144 data pelatihan. Dalam pembentukan model terdapat beberapa variasi parameter *hidden layer, learning rate*, momentum yang digunakan untuk mendapatkan kombinasi parameter terbaik agar menghasilkan nilai yang optimal, variasi parameter pada tabel 13.

Tabel 133 Variasi Parameter Arsitektur *Backpropagation Neural network*

Parameter	**Variasi**
Hidden Layer	5,10, dan 15
Learning Rate	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, dan 0.9
Momentum	0.5, 0.6, 0.7, 0.8, dan 0.9
Epoch	1000

Ditemukan bahwa kombinasi parameter terbaik yaitu dengan jumlah *hidden layer* sebanyak 10, nilai learning *rate* 0.1 dan momentum 0.5 dan menghasilkan nilai MSE terendah yaitu 0.858 $\times 10^{-4}$. Dengan kombinasi parameter tersebut, maka didapatkan perubahan bobot dan bias menuju lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran pada proses pelatihan seperti pada tabel 14 dan tabel 15.

Tabel 144 Perubahan Bobot dan Bias Menuju Lapisan Tersembunyi Setelah

	x_1	...	x_{11}	bias
z_1	0.6010	...	0.1874	-0.8019
z_2	1.2923	...	0.9132	-1.3350

z_3	1.0291	...	0.5264	0.7242
z_4	0.8686	...	0.7605	0.9876
z_5	0.3377	...	1.2390	0.5454
z_6	0.3378	...	0.4484	0.6564
z_7	0.2198	...	0.6419	0.2860
z_8	1.1904	...	1.0558	-1.2753
z_9	0.8716	...	0.4245	1.1251
z_{10}	0.9995	...	0.2429	-0.3177

Tabel 15. Perubahan Bobot dan Bias Menuju Lapisan Keluaran Setelah Proses Pelatihan

z_j	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}	Bias
Nilai	1.1198	1.227	0.5319	0.2825	0.4233	0.6635	1.1313	1.185	0.1595	0.7648	-79388

Pengujian jaringan syaraf tiruan *backpropagation,* setelah model jaringan terbentuk pada proses pelatihan, selanjutnya adalah melakukan pengujian jaringan syaraf tiruan dengan menggunakan bantuan bahasa pemrograman python. Kemudian dilakukan proses denormalisasi data atau proses pengembalian data kedalam bentuk yang aslinya. Setelah proses pengujian, hasil dari pengujian tersebut akan didenormalisasi atau proses untuk mengembalikan kedalam bentuk yang aslinya. Proses denormalisasi dengan persamaan 7.

$$y_i = \frac{y_i' - 0.1}{0.9 - 0.1}(y_{max} - y_{min}) + y_{min} \tag{7}$$

Tahapan denormalisasi dilakukan pada semua data target pada data pengujian dalam hasil peramalan dalam pengujian dengan menggunakan rumus tersebut, berikut adalah denormalisasi dari hasil peramalan. Pada tahap pengujian untuk mendapatkan akurasi dari hasil prediksi, maka dilakukan perhitungan MAPE dengan persamaan 8.

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{\text{aktual}_i - \text{hasilperamalan}_i}{\text{aktual}_i} \times 100\% \tag{8}$$

Dengan persamaan 8 diperoleh nilai MAPE sebesar 15.04%, dapat diartikan bahwa, secara rata-rata, prediksi model peramalan menyimpang dari nilai aktual sebesar 15.04%. Ini menunjukkan bahwa model memiliki akurasi yang cukup baik dalam memprediksi tingkat inflasi. Dengan persamaan $Akurasi = 100\% - MAPE$ diketahui akurasi model dalam tahap pengujian adalah 84.96%.

PEMBAHASAN

Dengan data yang telah diperoleh dan diolah menjadi data yang sesuai dengan penelitian ini yaitu data yang memiliki 11 variabel *input* dan 1 variabel *output*. Sebelum melakukan peramalan, dilakukan normalisasi data dengan mencari nilai maksimum dan minimum untuk setiap variabel data, sehingga diperoleh data *input* dan data *output*/target yang telah dinormalisasi. Kemudian dilakukan peramalan dengan metode *Backpropagation Neural Network* dengan fungsi aktivasi sigmoid biner dimana fungsi ini bernilai antara 0 s.d 1.

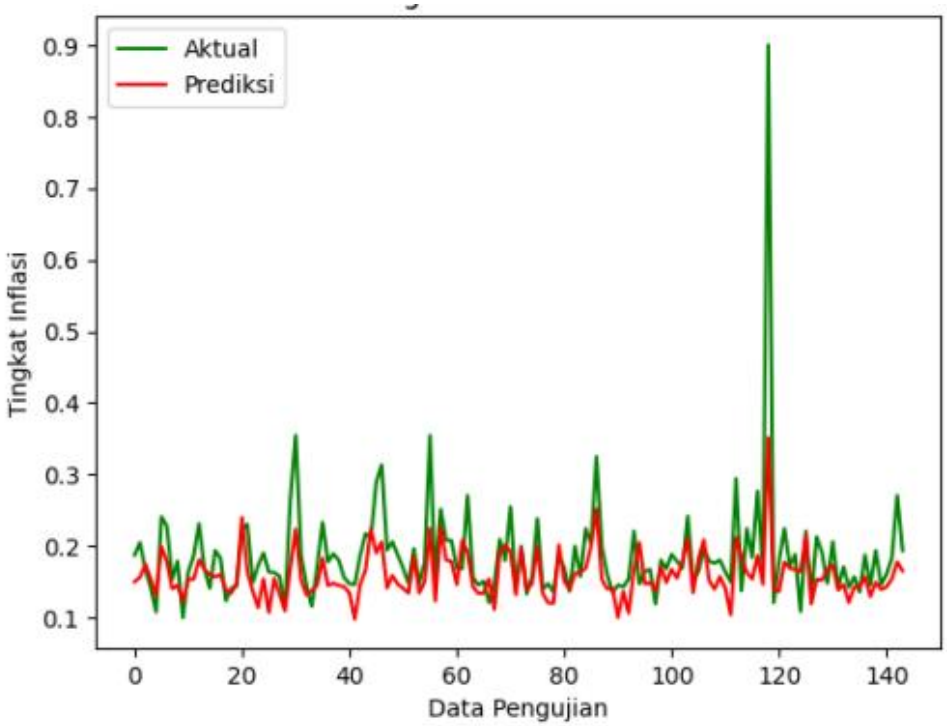
Dengan data yang berisi data *input* dan data target yang telah dinormalisasikan akan dianalisis dengan jumlah iterasi(*epoch*) sebanyak 1000, dengan ketentuan ketika jumlah iterasi telah mencapai titik maksimum maka proses 40 pelatihan akan dihentikan. Dengan bantuan simulasi bahasa

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pemrograman python didapatkan variasi yang menghasilkan nilai MSE terendah. Hasil analisis menunjukkan bahwa arsitektur jaringan paling optimal yang menghasilkan nilai MSE terendah yaitu $0.858 \times 10{-}4$ memiliki parameter sebagai berikut: Jumlah *Neuron Hidden*: 10; *Learning Rate*: 0.1; Momentum: 0.5; dan Jumlah Iterasi (*epoch*): 1000

Serta menghasilkan bobot dan bias menuju lapisan tersembunyi, serta bobot dan bias menuju lapisan keluaran yang akan digunakan sebagai bobot dan bias pada proses pengujian dengan menggunakan model lapisan tersembunyi dan lapisan *output* yang telah didapatkan. Setelah ditemukan model dan kombinasi variasi parameter yang mengasilkan MSE terendah, kemudian dilakukan pengujian dengan model yang ditemukan. Dari proses pengujian yang dilakukan diperoleh hasil peramalan untuk data *output* dengan tingkat akurasi sebesar 84.96 %.

Secara umum, akurasi peramalan sebesar 84.96% dapat dianggap sebagai hasil yang cukup baik, terutama untuk masalah peramalan yang kompleks atau sulit. Ini menunjukkan bahwa model atau metode yang digunakan mampu menangkap sebagian besar pola dan tren yang terkait dengan variabel yang diramalkan (Patel et al., 2021)). Perbandingan antara target dan hasil peramalan ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Perbandingan Aktual dan Hasil Peramalan

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan mengenai peramalan tingkat inflasi di Indonesia menggunakan jaringan syaraf tiruan *backpropagation neural network* dapat ditarik kesimpulan bahwa model peramalan tingkat inflasi Indonesia yang menggunakan metode *Backpropagation Neural Network* (BPNN) telah terbukti efektif dalam memprediksi tingkat inflasi. Melalui penelitian yang dilakukan, diperoleh konfigurasi optimal untuk model BPNN dengan jumlah neuron pada *hidden layer* sebanyak 10, nilai *learning rate* 0.1, dan nilai momentum 0.5. Konfigurasi ini menghasilkan nilai *Mean Squared Error* (MSE) terendah sebesar $0.858 \times 10{-}4$. Penggunaan data bulanan selama 24 tahun dengan 11 variabel input, serta data pelatihan sebanyak 144, terbukti cukup

memadai untuk melatih dan menguji model BPNN dalam meramalkan tingkat inflasi Indonesia. Tingkat akurasi model peramalan tingkat inflasi Indonesia menggunakan metode *Backpropagation Neural Network* (BPNN) cukup baik. Pada data pelatihan, tingkat akurasi yang dicapai adalah 84.96%. Tingkat akurasi ini menunjukkan bahwa model BPNN dapat diandalkan untuk melakukan prediksi tingkat inflasi Indonesia dengan hasil yang cukup akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, D. (2022). Forecasting Inflation Rate in Padang City Using Backpropagation Method. *Rangkiang Mathematics Journal*, *1*(1), 25–33.

Arhami, M., Kom, M., Muhammad Nasir, S., dkk. (2020): Data Mining-Algoritma dan Implementasi, Penerbit Andi.

Khairunnisa, J., & Syaharuddin, S. (2022). Prediksi Inflasi di Kota Mataram Menggunakan Back propagation Neural Network. *Seminar Nasional Lppm Ummat*, *1*, 151–157.

Masykur, F., Setyawan, M. B., & Winangun, K. (2022). Epoch optimization on rice leaf image classification using Convolutional Neural Network (CNN) mobilenet. *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, *7*(2), 581–591.

Patel, J., Ladani, A., Sambamoorthi, N., LeMasters, T., Dwibedi, N., & Sambamoorthi, U. (2021). A machine learning approach to identify predictors of potentially inappropriate non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) use in older adults with osteoarthritis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(1), 155.

Prapcoyo, H., & As' ad, M. (2023). Model Neural Network Autoregressive untuk Prediksi Inflasi Bulanan di Kota Yogyakarta. *JUSTIN (Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi)*, *11*(2), 213–219.

Putong, I. (2015). *EKONOMI MAKRO: Pengantar untuk dasar-dasar ilmu Ekonomi Makro* (Vol. 1). Buku&Artikel Karya Iskandar Putong.

Sudijono, A. (2010). Pengantar Statistik Pendidikan, PT. *Raja Grafindo Persada, Jakarta*.

Suhendra, C. D., & Saputra, A. C. (2020). Penentuan parameter learning rate selama pembelajaran jaringan syaraf tiruan backpropagation menggunakan algoritma genetika. *Jurnal Teknologi Informasi (Jti) Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Bidang Teknik Informatika*, *14*(2).

Wiranto, A. R., Setiawan, E., Nuryaman, A., & Usman, M. (2023). Implementasi Metode Backpropagation Neural Network Dalam Meramalkan Tingkat Inflasi Di Indonesia. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, *11*(1), 8–16.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbasis Video Menggunakan Aplikasi *Canva* Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematika Peserta Didik

Alvi Valah Siregar[1*], Pardomuan Sitompul[2]
[1,2]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Indonesia*
**Coresponding Author: alvivalahsiregar@mhs.unimed.ac.id*

Abstrak, Penelitian ini menggunakan model ADDIE (Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi) untuk mengembangkan media pembelajaran matematika berbasis video menggunakan aplikasi Canva. Tujuan penelitian adalah menghasilkan media yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep matematika. Subjek penelitian terdiri dari 36 siswa kelas XI di SMA Negeri 1 Perbaungan. Hasil validasi menunjukkan bahwa media ini sangat valid dengan skor 88% dari ahli media, 89% dari ahli materi, dan 87% untuk modul pengajaran kurikulum mandiri. Kepraktisan media dinilai sangat praktis oleh guru (87%) dan uji coba kelompok terbatas (83%), serta praktis dalam uji lapangan (75%). Keefektifan media ditunjukkan dengan tingkat kelulusan klasikal sebesar 86%, peningkatan pemahaman konsep matematika dengan nilai gain 0,7334 (kategori tinggi), serta respons siswa terhadap efektivitas media sebesar 91% (kategori efektif). Berdasarkan keseluruhan data, media pembelajaran ini telah memenuhi kriteria validitas, kepraktisan, dan efektivitas.
Kata kunci: Media Pembelajaran Matematika; Aplikasi Canva; Pemahaman Konsep; Model Pengembangan ADDIE

Abstract, *This study employs the ADDIE model (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation) to develop mathematics learning media in the form of videos using the Canva application. The objective is to produce valid, practical, and effective learning media to enhance students' understanding of mathematical concepts. The research subjects consist of 36 eleventh-grade students at SMA Negeri 1 Perbaungan. The validation results indicate that the media is highly valid, with scores of 88% from media experts, 89% from material experts, and 87% for the independent curriculum teaching module. The practicality assessment shows a rating of very practical by teachers (87%), very practical in the limited group trial (83%), and practical in the field test (75%). The effectiveness of the media is reflected in a classical learning mastery rate of 86%, an increase in mathematical concept understanding with a gain score of 0.7334 (high category), and a student response score of 91% (effective category). Based on the overall data, the mathematics learning media using Canva has met the criteria for validity, practicality, and effectiveness.* ***Keywords****: Mathematics Learning Media, Canva Application, Concept Understanding, ADDIE Development Model*

Citation : Siregar, A. V. & Sitompul, P.(2024). Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbasis Video Menggunakan Aplikasi Canva Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematika Peserta Didik. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 41 - 50

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan hal penting dan sangat diperlukan bagi kehidupan untuk meningkatkan potensi. Matematika merupakan mata pelajaran yang penting untuk kehidupan dikarenakan matematika adalah ilmu yang universal dan dasar dari bermacam bidang. Pentingnya peran matematika dalam kehidupan membuat matematika dianggap sulit bagi sebagian besar peserta didik di setiap jenjang pendidikan. Sebagian besar peserta didik menganggap matematika sulit dikarenakan pemahaman, minat serta motivasi peserta didik yang masih rendah. Kurangnya minat dan motivasi peserta didik akan berdampak bagi pemahaman konsep matematika hal ini disebabkan oleh

pembelajaran matematika yang dianggap membosankan sehingga peserta didik tidak fokus pada pembelajaran. Kurangnya pemanfaatan serta pemakaian media pembelajaran ialah penyebab rendahnya prestasi peserta didik (Ajir, 2022:2).

Hal ini sejalan dengan perkembangan teknologi yang berpengaruh dalam perkembangan pendidikan. Perkembangan yang terjadi sekarang, seharusnya dapat meningkatkan kualitas belajar mengajar. Kemajuan teknologi sudah memberikan peluang untuk mengembangkan media pembelajaran yang lebih interaktif, menarik, dan efektif. Hal ini akan mempermudah guru dalam mendeskripsikan atau mengilustrasikan topik bahasan yang dipelajari.

Media pembelajaran ialah sesuatu yang membantu pengirim menyampaikan pesan kepada penerima (Lidya, 2020:8). Media pembelajaran ialah suatu alat bisa membantu penyampaian materi pengajaran, dapat meningkatkan kreativitas peserta didik serta membuat peserta didik dapat fokus terhadap proses pembelajaran (Tafonao, 2018:103). Media pembelajaran berbentuk video ialah salah satu media yang sangat efektif untuk menjelaskan konsep-konsep dalam meningkatkan pemahaman peserta didik. Hal ini didukung oleh pernyataan Wisada & Sudarman (2019:141) bahwa video ialah media pembelajaran yang efektif sebagai sumber belajar, dikarenakan video pembelajaran dapat menampilkan konsep dengan nyata serta tersusun.

Pada abad ke-21 ini, salah satu aplikasi yang sangat populer dikalagan peserta didik maupun pendidik ialah aplikasi *Canva*. *Canva* ialah aplikasi desain yang diakses secara online bisa membuat desain grafis yang cukup lengkap. *Canva* akan membantu proses pembelajaran dengan memudahkan guru dalam pembuatan media pembelajaran. Namun, pada kenyataannya banyak pengguna yang tidak mengetahui bahwa aplikasi tersebut dapat membuat video pembelajaran. Dengan *canva* maka dapat membantu peserta didik mempelajari materi yang diajarkan oleh guru lebih mudah dikarenakan *canva* dapat menampilkan teks, video, audio, animasi, gambar, grafik, dan lainnya. Hal ini akan dapat membantu peserta didik lebih fokus dalam aktivitas belajar dikarenakan tampilan pembelajaran yang menarik (Diana. P & Jaya. P, 2021:33).

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari wawancara yang dilakukan, guru mengatakan bahwa pemahaman konsep matematika peserta didik semakin rendah dikarenakan pada saat *covid*-19 proses pembelajaran tidak maksimal. Salah satu faktor penyebabnya ialah kurangnya pemakaian media pembelajaran yang berhubungan dengan teknologi dan kelemahan guru dalam menggunakan teknologi. Hasil dari tes kemampuan awal yang dilaksanakan kepada 35 orang peserta didik di kelas XI-3 SMA Negeri 1 Perbaungan diperoleh bahwa murid masih memiliki pemahaman konsep yang rendah karena peserta didik kurang mampu dalam menyampaikan ulang konsep, mengklasifikasikan objek tepat dengan konsepnya, menerapkan konsep secara algoritma dan memilih prosedur tepat dengan konsepnya sehingga murid tidak dapat menyelesaikan permasalahan yang disajikan. Faktor lainnya yang menyebabkan pemahaman konsep matematika peserta didik menjadi rendah yakni metode pembelajaran yang tidak tepat, kurangnya minat dan motivasi dalam belajar matematika, tidak mampu memahami Bahasa matematika yang abstrak sehingga peserta didik kesulitan memahami konsep matematika dan kurangnnya penggunaan media dalam mendukung proses pembelajaran. Bersumber latar belakang permasalahan diatas, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan media pembelajaran matematika berbasis video menggunakan aplikasi Canva yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep matematika.

Penelitian dan Pengembangan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Research and Development adalah jenis metode penelitian yang menghasilkan produk tertentu dan menguji seberapa efektif produk tersebut. Penelitian dan pengembangan menggunakan model ADDIE ADDIE *(Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*. Fungsi penelitian dan pengembangan ialah mevalidasi dan mengembangkan produk. Memvalidasi produk yang artinya produk sudah ada dan peneliti melaksanakan pengujian terhadap efektifitas dan validitas produk. Mengembangkan produk dapat berarti memperbaharui produk yang sudah ada (menjadi lebih praktis, efektif dan efesien) atau membuat produk baru (Sugiyono, 2019:28). Model ADDIE dapat menggambarkan pendekatan sistematis untuk pengembangan instrusional.

Tahap *analysis* bertujuan mengidentifikasi permasalahan yang ditemukan dan tujuan yang akan dikembangkan. Solusi yang dipilih dalam mengatasi permasalahan yang muncul harus mempertimbangkan hasil dari aktivitas analisis kebutuhan, kurikulum dan karakteristik yang dilaksanakan sehingga memungkinkan produk yang dikembangkan tepat dengan tujuan yang ingin dicapai. Tahap *design* ini dilakukan perancangan produk tersebut tepat dengan kebutuhan pada tahap analisis sehingga diperoleh solusi terhadap identifikasi masalah. Dalam prosesnya terjadi pembuatan *storyboard* dan menyusun instrumen penelitian. Tahapan *development* ini ialah aktivitas pembuatan serta pengujian pada produk (Sugiyono, 2019:628). Produk awal beserta instrumen sudah disusun divalidasi oleh para ahli sehingga diperoleh produk akhir yang layak untuk diimplementasikan. Tahap *implementation* ini media pembelajaran sudah dinyatakan layak untuk diimplementasikan akan dilaksanakan aktivitas uji coba. Tahap *Evaluation* dilaksanakan pada setiap langkah sehingga produk akhir diproduksi tepat dengan spesifikasi. Tahap ini dilaksanakan untuk menjadikan produk lebih bermanfaat sehingga meningkatkan dan memperbaiki mutu media yang dibuat.

Pemahaman Konsep Matematika

Pemahaman konseptual ialah kemampuan individu untuk menghubungkan ide atau fakta dengan apa sudah diketahui serta memahami pengetahuan yang baru diperoleh dengan menyampaikan kembali pengetahuannya (Maure et al, 2020:49). Pemahaman konsep matematis ialah kemampuan peserta didik untuk mendalami materi dengan memahami, menafsirkan, menyimpulkan dan mengaplikasikan yang berkaitan dengan matematika dalam kehidupan sehari-hari (Gultom, 2023:33). Pemahaman konsep matematika diperlukan oleh peserta didik untuk mampu memahami ide-ide matematika sehingga dapat menyelesaikan sebuah permasalahan dengan cara bisa dipahami dan jelas. Pada proses pembelajaran, pemahaman konsep sangat penting dimiliki oleh peserta didik. Peserta didik yang sudah memahami sebuah konsep akan mampu meningkatkan kemampuannya dalam memahami materi yang akan diajarkan berikutnya. Pemahaman konsep matematika diperlukan oleh peserta didik untuk mampu memahami ide-ide matematika sehingga dapat menyelesaikan sebuah permasalahan dengan cara bisa dipahami dan jelas.

Dalam buku yang berjudul Penelitian Pendidikan Matematika (2018:81), Kilpatrik memaparkan indikator kemampuan pemahaman konsep yakni, menyampaikan ulang konsep sudah dipelajari, mengklasifikasi obyek-obyek pendapat sifat-sifat tertentu tepat dengan konsepnya, menerapkan atau mengaplikasikan konsep secara algoritma, memberikan contoh dan non-contoh dari konsep, merepresentasikan konsep, bermacam konsep matematika dikaitkan baik secara internal maupun eksternal. Bersumber pemaparan indikator-indikator di atas, maka dalam penelitian ini direncanakan menggunakan indikator pemahaman konsep yakni, menyampaikan ulang konsep yang

dipelajari, mengklasifikasikan objek-objek tepat dengan konsepnya, dan menerapkan konsep dalam aktivitas pemecahan masalah matematika.

Media Pembelajaran Video

Setiap sarana penyampaian pesan dan saluran informasi dari satu sumber ke sumber lain dengan tujuan merangsang pemikiran kritis, membangkitkan motivasi, membangkitkan fokus dan kemauan sehingga murid bisa menerima pengetahuan, keterampilan, dan sikap tepat dengan tujuan yang dikomunikasikan maka dianggap sebagai media (Setiawan et al, 2020:3). Pemakaian media pembelajaran akan menimbulkan rasa daya tarik murid untuk memperhatikan informasi yang disampaikan. Media pembelajaran membantu meningkatkan aktivitas belajar dan mendukung proses belajar mengajar dengan memperjelas makna dalam pesan sehingga tujuan pembelajaran tercapai (Ajir, 2022: 10). Bagi guru dan peserta didik, media pembelajaran membantu mempermudah pembelajaran, menjadikan gambaran abstrak menjadi lebih nyata, dan menarik perhatian peserta didik untuk membuat pembelajaran tidak monoton serta dapat mengaktifkan semua indera (Lidya, 2020:8). Media pembelajaran memiliki nilai praktis dikarenakan dengan menggunakan media pembelajaran maka dapat mengatasi keterbatasan peserta didik dalam pengalamannya, dan dapat mengatasi keterbatasan ruang kelas dalam penyajian bahan belajar yang tidak dapat diamati oleh peserta didik secara langsung (Sani, 2019:326).

Video disebut sebagai media audiovisual karena memiliki elemen audio dan visual. Media audiovisual seperti ini dapat menggugah perasaan pemirsa, memahami prinsip serta sikap positif (Pribadi, 2019:23). Video dapat berupa fakta atau fiksi yang berisikan informasi edukatif ataupun instruksional (Sani, 2019:355). Video berfungsi sebagai sumber pembelajaran non-cetak yang lengkap karena dapat diakses oleh peserta didik secara langsung. Fitur teknologi video memungkinkan peserta didik melihat gambar bergerak dan bersuara, hal itu akan menambah perspektif baru pada pembelajaran (Daryanto, 2016:104).

Pendapat Sani (2019:355) terdapat keunggulan dalam menggunakan video sebagai media pembelajaran yakni, dapat menarik perhatian peserta didik dalam mempelajari sebuah fakta atau cerita, berguna untuk peserta didik yang memiliki gaya belajar berbeda dalam pembelajaran, dapat menyalurkan informasi melalui video yang dibuat oleh para ahli atau spesialis untuk keperluan dalam ilmu pengetahuan, dapat menyajikan demonstrasi yang direncanakan dan direkam sebelumnya sehingga guru dapat berkonsentarsi dalam penyajiannya, dapat menghemat biaya, teaga dan waktu dikarenakan dapat dipakai berulang kali, dapat membantu dalam mempelajari objek dan lingkungan yang berbahaya, berguna untuk mempelajari kehidupan dalam bermacam wilayah, dapat menyertakan sebuah komentar untuk menjelaskan peristiwa yang diperlukan seperti yang dilaksanakan dalam video berita, gambar proyeksi dapat diberhentikan oleh guru untuk mengamati dengan seksama menggunakan fasilitas pada pemutar video, dapat memungkinkan interaksi antara guru dan peserta didik maupun antar peserta didik tetap terjadi dikarenakan pemutaran video di LCD proyektor tidak harus dalam ruangan gelap.

Aplikasi Canva

Canva, yang didirikan pada tahun 2012, adalah aplikasi desain grafis yang digunakan untuk membuat berbagai jenis desain seperti poster, brosur, dan presentasi. Aplikasi ini dapat diakses secara online melalui web atau aplikasi, menjadikannya mudah digunakan di mana saja. Dengan jutaan pengguna aktif setiap bulan, Canva terus memperbarui fitur-fiturnya, menjadikannya salah satu alat

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

desain grafis online paling populer di dunia. Saat ini, Canva banyak digunakan dalam bidang individu, pendidikan, dan bisnis. Salah satu fitur utama yang dikembangkan pada tahun 2019 adalah pengeditan video, yang memungkinkan pengguna membuat video pendek. Seiring waktu, Canva terus meningkatkan fitur ini dengan menyediakan berbagai template, elemen animasi, penambahan audio, ekspor video, serta kemampuan untuk memotong, menggabungkan, dan menambahkan transisi pada video.

Menurut Tanjung & Faiza (2019:80), Canva memiliki beberapa keunggulan, seperti variasi desain grafis, template, dan animasi yang menarik, fitur drag-and-drop yang memudahkan pengguna, serta memungkinkan guru merancang media pembelajaran dengan cepat. Selain itu, Canva membantu peserta didik mengulang pelajaran, menyediakan gambar berkualitas tinggi dengan ukuran yang dapat disesuaikan, serta mendukung kolaborasi antar guru dalam mendesain media pembelajaran. Desain yang dibuat di Canva dapat diunduh dalam berbagai format, seperti PDF dan JPG. Asnawati & Sutiah (2023:67) menyatakan bahwa video pembelajaran yang dibuat menggunakan Canva membantu guru dalam menyajikan representasi visual dari materi yang kompleks, sehingga lebih mudah dipahami oleh siswa. Canva juga mendukung pembelajaran praktis dan efektif, meskipun ketergantungan pada koneksi internet menjadi salah satu kekurangannya.

Model Pembelajaran Berbasis Masalah

Pembelajaran berbasis masalah memiliki istilah lain yakni *Problem Based Learning* (PBL) yang ialah sebuah model pembelajaran. Pendapat Tan (2003) pembelajaran berbasis masalah ialah jenis pembelajaran yang sejalan dengan kebutuhan abad ke-21 dan biasanya dipakai oleh praktisi dan profesional pendidikan yang berkonsentrasi pada kemajuan pengembangan dan penemuan sistem pembelajaran (Rusman, 2021:230). Penerapan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) mengharuskan peserta didik untuk aktif dalam mengikuti pembelajaran dan guru berperan sebagai fasilitator maupun pembimbing. Prinsip-prinsip pembelajaran berbasis masalah yakni: (1) Masalah ialah titik awal proses pembelajaran; (2) Masalah bersumber kehidupan nyata tepat tujuan dan kriteria pendidikan; (3) Pembelajaran berbasis aktivitas peserta didik; (4) Tujuan dan metode pembelajarannya ialah pemecahan masalah; (5) Pembelajaran berbasis kelompok; (6) Memberikan pengalaman yang autentik; (8) Keterlibatan peserta didik dalam kepentingan permasalahan; (7) Pembelajaran berbasis inkuiri ialah dasar metodeloginya dan; (9) Mengutamakan komunikasi dan berpikir kritis (Sujana & Sopandi, 2020:125).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian Research and Development (R&D) yang menggunakan model ADDIE untuk mengembangkan media pembelajaran matematika berbasis video menggunakan aplikasi Canva. Media ini dikembangkan dengan tujuan meningkatkan pemahaman konsep matematika peserta didik pada materi komposisi fungsi. Subjek penelitian terdiri dari 36 siswa kelas XI SMA Negeri 1 Perbaungan, sementara objek penelitian adalah media pembelajaran berbasis video yang dikembangkan melalui lima tahapan model ADDIE: analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Untuk mengukur kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan media pembelajaran, digunakan beberapa instrumen penelitian, yaitu lembar validasi, lembar kepraktisan, dan lembar keefektifan. Lembar validasi digunakan untuk mengetahui kelayakan media berdasarkan penilaian para ahli. Lembar kepraktisan berupa angket respon guru dan peserta didik yang menilai kemudahan penggunaan dan efektivitas media dalam pembelajaran. Sementara itu, lembar

keefektifan diperoleh dari hasil pretest dan posttest, di mana peningkatan pemahaman konsep matematika peserta didik menjadi indikator keberhasilan media yang dikembangkan.

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa teknik, antara lain observasi, wawancara, angket/kuesioner, dan tes. Observasi dilakukan untuk mengamati situasi sekolah, proses pembelajaran, serta sarana dan prasarana yang tersedia. Wawancara dilakukan untuk memahami kebutuhan peserta didik dan guru terkait media pembelajaran. Angket atau kuesioner digunakan untuk mendapatkan umpan balik dari responden mengenai kepraktisan dan efektivitas media. Sementara itu, tes diberikan untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep matematika peserta didik sebelum dan sesudah penggunaan media pembelajaran berbasis video ini.

Analisis data validasi menggunakan skala Likert 1-4 untuk menilai kelayakan media pembelajaran (Maryana, 2024). Hasil validasi dianalisis menggunakan persentase berdasarkan metode Simarmata & Siregar (2023) dengan kategori: 81%-100% sangat valid, 61%-80% valid, 41%-60% kurang valid, dan 0%-40% tidak valid. Media pembelajaran ini dikatakan layak digunakan jika memperoleh minimal kategori valid. Sementara itu, analisis kepraktisan didasarkan pada angket respon guru dan peserta didik dengan kategori: 81%-100% sangat praktis, 61%-80% praktis, 41%-60% kurang praktis, dan 0%-40% tidak praktis. Media ini dinyatakan praktis jika memenuhi minimal kategori praktis.

$$P = \frac{\sum x}{\mathrm{S_{Maks}}} \times 100\% \quad (1)$$

Keefektifan dari video pembelajaran matematika dilihat bersumber ketuntasan belajar peserta didik dalam mengerjakan tes yang diberikan sehingga ditemukan kenaikan pemahaman konsep serta mewawancarai peserta didik yang menerima kenaikan tertinggi dan terendah. Selanjutnya diberikan angket respon peserta didik secara keseluruhan untuk mendapat informasi yang objektif terhadap keefektifan media pembelajaran yang dikembangkan. Suatu kelas dapat dikatakan tuntas belajar klasikal saat didapat 80% peserta didik mencapai ketuntasan belajar ≥ 75. Kriteria ketuntasan belajar individu peserta didik dapat dikatakan tuntas tepat ketetapan kriteria ketuntasan minimal (KKM) sekolah yakni ≥ 75. Maka, peserta didik dikategorikan tuntas jika proposisi jawaban peserta didik ≥ 75. Ketuntasan belajar secara indivial ditentukan menggunakan persamaan 2 (Panjaitan, dkk., 2020) dan Ketuntasan Klasikal (KK) ditentukan dengan Persamaan 3.

$$\mathrm{KB} = \frac{\mathrm{T}}{T_t} \times 100\% \quad (2)$$

$$\mathrm{KK} = \frac{\text{Banyak peserta didik yang tuntas belajar}}{\text{Jumlah peserta didik seluruhnya}} \times 100\% \quad (3)$$

Mempertimbangkan ketuntasan belajar secara individu maupun klasikal dapat mendukung hasil yang diperoleh untuk menyampaikan media yang dikembangkan efektif dipakai dalam kelas. Angket respon keefektifan diberikan untuk mendapat tanggapan peserta didik terhadap pembelajaran sudah dilaksanakan menggunakan media yang dikembangkan. Jawaban angket disajikan dalam skala Guttman untuk mendapat nilai keefektifan tersebut (Sugiyono, 2019). Adapun nilai yang diperoleh dianalisis menggunakan persamaan 4 (Maryana, 2024) dengan kriteria jika nilai RP $\geq$ 75% dikategorikan efektif (Gultom, 2023). Kemudian untuk penskoran pemahaman konsep mengunakan 3 indikator; (1) menyatakan ulang kembali konsep; (2) mengklasifikasikan objek-objek tepat dengan konsepnya; (3) menerapkan konsep dalam aktivitas pemecahan masalah matematika. Dari masing-masing indikator tersebut diuraikan deskripsi penskoran (Umam & Zulkarnaen, 2022)

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

$$RP = \frac{\sum x}{N} \times 100\% \quad (4)$$

Analisis data keefektifan diperoleh dari kenaikan hasil tes peserta didik yang sudah diberikan. Data tersebut diperoleh dari perbandingan skor *pretest* dan *posttes*. Penilaian sudah diperoleh tepat dengan ketetapan rubik penilaian tersebut disajikan pada kategori pemahaman konsep yakni; (1) 0% – 54%: rendah; (2) 55% - 64%: sedang; (3) 65% - 79%: sedang; (4) 80% - 89%: tinggi; dan (5) 90% - 100%: sangat tinggi (Gultom, 2023). Untuk mendapat data terjadinya kenaikan pemahaman konsep matematika peserta didik dipakai perhitungan N-Gain persamaan 5 dengan kategori N-gain yakni $0{,}7 \leq g \leq 1$ dikategorikan tinggi, $0{,}3 \leq g < 0{,}7$ dikategorikan sedang dan $g < 0{,}3$ dikategorikan rendah (Sitepu, 2023).

$$N - Gain = \frac{v_{posttest} - v_{pretest}}{v_{\text{maks}} - v_{pretest}} \quad (5)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (Research and Development) dengan model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) yang menghasilkan media pembelajaran berupa video menggunakan Canva. Tujuan penelitian adalah mendeskripsikan kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan media pembelajaran yang dikembangkan. Penelitian dilakukan di kelas XI SMA Negeri 1 Perbaungan dengan mengembangkan media pembelajaran matematika berbasis video untuk meningkatkan pemahaman konsep komposisi fungsi. Media yang dihasilkan telah divalidasi oleh para ahli sebelum diuji coba dan dinyatakan layak untuk diimplementasikan. Hasil penelitian diperoleh melalui setiap tahapan dalam model ADDIE.

Kevalidan Media Pembelajaran Matematika Berbasis Video

Validasi dilakukan oleh para ahli yang menilai media pembelajaran dan memberikan saran perbaikan. Hasil validasi mencakup media pembelajaran, materi, modul ajar, serta tes pemahaman konsep matematika, yang semuanya dinyatakan dalam kategori sangat valid berdasarkan pretest dan posttest.

Media pembelajaran matematika berbasis video menggunakan Canva telah memenuhi kriteria validitas berdasarkan penilaian dan revisi dari para ahli. Temuan ini sejalan dengan penelitian Rini Ayuniara (2023), yang memperoleh rata-rata validasi 91.5% dalam pengembangan media pembelajaran matematika. Perbedaannya terletak pada platform dan topik bahasan yang digunakan dalam pengembangan media tersebut.

Tabel 1. Hasil Validasi

Perangkat pembelajaran	Persentase Kevalidan	Kategori
Media Pembelajaran (Ahli Media)	88%	Sangat Valid
Media Pembelajaran (Ahli Materi)	89%	Sangat Valid
Modul Ajar Kurikulum Merdeka	87%	Sangat Valid
Soal *Pretest*	93%	Sangat Valid
Soal *posttest*	94%	Sangat Valid

Kepraktisan Media Pembelajaran Matematika Berbasis Video

Kegiatan ini melibatkan satu guru matematika, 20 peserta didik dalam kelompok terbatas, dan 36 peserta didik dalam uji coba lapangan. Hasil respons dari guru dan siswa menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis video menggunakan Canva memenuhi kriteria kepraktisan dan mendukung

proses pembelajaran. Media ini dianggap menyenangkan dan menarik, sehingga cocok digunakan dalam pembelajaran. Temuan ini sejalan dengan penelitian Royaman Sitorus, yang menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis video memiliki tingkat kepraktisan 91% menurut guru dan 81.06% menurut siswa.

Tabel 2 Hasil Kepraktisan Media

Validasi	Persentase Kevalidan	Kategori
Respon Guru	87%	Sangat Praktis
Kelompok Terbatas	83%	Sangat Praktis
Uji Coba Lapangan	75%	Praktis

Keefektifan Media Pembelajaran Matematika Berbasis Video

Keefektifan media pembelajaran diukur dengan tes yang diberikan kepada peserta didik sebelum (pretest) dan sesudah (posttest) menggunakan media tersebut. Pretest berfungsi untuk mengetahui tingkat pemahaman awal, sementara posttest mengukur seberapa besar kenaikan pemahaman sesudah menggunakan media pembelajaran. Media pembelajaran dapat dinyatakan efektif jika diperoleh ketuntasan belajar secara klasikal minimal 80% peserta didik yang mengikuti aktivitas pembelajaran mencapai ketuntasan belajar secara individu dengan kriteria ketuntasan minimal ≥ 75. Pada *pretest* tingkat ketuntasan klasikal 0%, sedangkan pada *posttest* terdapat 86% atau 31 dari 36 siswa dinyatakan tuntas. Dengan begitu, bisa terlihat bahwa media pembelajaran matematika berbasis video menggunakan aplikasi *canva* sudah memenuhi kriteria keefektifan untuk meningkatkan pemahaman konsep matematika peserta didik.

Tabel 3 Kategori Penguasaan Pemahaman Konsep Matematika

Kategori	Interval	*Pretest*		*Posttest*	
		Jumlah	Persentase	Jumlah	Persentase
Sangat Rendah	0 - 54%	36	100%	2	5.56%
Rendah	55% - 64%	0	0%	0	0.00%
Sedang	65% - 79%	0	0%	18	50.00%
Tinggi	80% -89%	0	0%	12	33,33%
Sangat Tinggi	90% - 100%	0	0%	4	11.11%

Pemahaman peserta didik sebelum menggunakan media pembelajaran berbasis video menggunakan Canva berada pada kategori sangat rendah dengan rata-rata 5.32, sedangkan setelah penggunaan media meningkat ke kategori sedang dengan skor rata-rata 74.77. Nilai gain dari data pretest dan posttest menunjukkan peningkatan pemahaman konsep matematika sebesar 0.733 (kategori tinggi), dengan 30 siswa dalam kategori tinggi, 4 siswa kategori sedang, dan 2 siswa kategori rendah. Hasil angket respons menunjukkan keefektifan sebesar 91%, berada dalam kategori efektif. Wawancara mengindikasikan bahwa media ini berdampak positif pada peningkatan pemahaman siswa, meskipun beberapa siswa dengan nilai terendah tidak mengalami peningkatan signifikan, sehingga perlu penyesuaian lebih lanjut. Penelitian ini sejalan dengan Milla Rosita & Ayu Tsurayya (2021), yang menemukan bahwa media pembelajaran video meningkatkan pemahaman konsep matematika dengan N-Gain sebesar 0.74 (kategori tinggi), membuktikan bahwa video pembelajaran efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa.Dengan demikian, media pembelajaran matematika berbasis video menggunakan Canva telah memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep matematika peserta didik.

KESIMPULAN

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Penelitian ini mengembangkan media pembelajaran matematika berbasis video menggunakan Canva pada materi komposisi fungsi di SMA Negeri 1 Perbaungan dengan model ADDIE. Hasil validasi menunjukkan media ini sangat valid, dengan skor 88% dari ahli media dan 89% dari ahli materi. Media ini juga praktis dan efektif, terbukti dari ketuntasan belajar klasikal sebesar 86%, peningkatan pemahaman konsep dengan nilai gain 0,7335 (kategori tinggi), serta respons siswa sebesar 91% terhadap efektivitasnya. Oleh karena itu, media ini layak digunakan untuk meningkatkan pemahaman konsep matematika siswa. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan media serupa pada materi berbeda dengan lingkungan dan kondisi peserta didik yang lebih beragam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Kontribusi berupa dukungan, saran, dan arahan yang diberikan selama proses penelitian sangat berarti dalam menyelesaikan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

Ajir, M. (2022). *Pengembangan Video Pembelajaran Edukatif Berbasis TikTok Pada Materi Sistem Persamaan Linier Dua Variabel* . UIN Ar-Raniry Banda Aceh, Banda Aceh.

Asnawati, Y., & Sutiah, S. (2023). Pengembangan Media Vidio Animasi Berbasis Aplikasi Canva Untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa. *Journal of Islamic Education*, *9*(1), 64–72.

Ayuniara, R. (2024). *Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbasis Linktree dengan Metode Blended Learning untuk Meningkatkan Berfikir Kreatif Siswa Pada Materi SPLDV Kelas VIII SMP Takengon* (Doctoral dissertation, UNIMED).

Daryanto, D. (2016). *Media Pembelajaran Edisi Ke-2 Revisi*. Yogyakarta: Gava Media.

Diana, P., & Siagian, P. (2021). Pengembangan Materi Ajar Dasar Listrik Dan Elektronika Berbasis Canva Di Smk Negeri 5 Padang. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika Dan Informatika)*, *9*(1), 32–39.

Gultom, J., & Siagian, P. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Articulate Storyline Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa SMA Negeri 2 Kabanjahe. *Jurnal Pendidikan, Bahasa, Sastra, Seni, Budaya, dan Sosial Humaniora*, *1*(4), 14–27.

Lestari, K. E., & Yudhanegara, M. R. (2018). *Penelitian Pendidikan Matematika*. Bandung: PT Refika Aditama.

Lidya, A. N. (2020). *Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbasis Powtoon Pada Materi Teorema Pythagoras Kelas VIII SMP Muhammadiyah 2 Pekanbaru* . Universitas Islam Riau, Pekan Baru.

Maryana, D. (2024). *Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Wegos (Web Google Sites) Terintegrasi Tiktok Menggunakan Model Creative Problem Solving Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Siswa Kelas Viii Smp* . Universitas Jambi, Jambi.

Maure, Y. L., Djong, K. D., & Dosinaeng, W. B. (2020). Analisis Pemahaman Konsep Matematik Siswa Sma Pada Materi Program Linear. *Asimtot: Jurnal Kependidikan Matematika*, *2*(1), 47–56.

Pribadi, B. A. (2019). *Media & teknologi dalam pembelajaran*. Jakarta: Prenada Media.

Rosyita, M., & Tsurayya, A. (2021). Pengembangan video pembelajaran matematika materi peluang berbasis sparkol videoscribe untuk meningkatkan kemampuan pemahaman konsep matematika siswa kelas viii smp/mts. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, *5*(3), 3136-3147.

Rusman. (2021). *Model-Model pembelajaran: Mengembangkan Profesionalisme Guru*. Depok: PT Raja Grafindo Persada.

Sani, R. A. (2019). *Strategi Belajar Mengajar (Pertama)*. Depok: PT Raja Grafindo Persada.

Setiawan, A., Putria, A., & Suryani, N. (2019). *Media pembelajaran inovatif dan pengembangannya*. Bandung : Remaja Rosdakarya.

Simarmata, N. S., & Siregar, N. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Articulate Storyline Terhadap Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa di Kelas VIII-2 MTs Nurul Islam Indonesia Medan. *Jurnal Riset Rumpun Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, *2*(2), 347–359.

Sitepu, E. G., & Siregar, T. M. (2023). Development of Learning Animation Videos Using the Sparkol Videoscribe Application to Improve Students' Understanding of Mathematical Concepts at SMPS Sultan Iskandar Muda. *Formosa Journal of Multidisciplinary Research*, *2*(1), 287–302.

Sitorus, R. (2021). *Pengembangan Media Pembelajaran Menggunakan Aplikasi Kine Master Pada Materi Segi Empat dan Segi Tiga* (Doctoral dissertation, UNIMED).

Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian & Pengembangan Research and Development*. Bandung: Alfabeta.

Sujana, A., Sopandi, W., & Sari, Y. N. I. (2020). *Model-model pembelajaran inovatif: teori dan implementasi*. Depok: Rajawali Pers.

Tafonao, T. (2018). Peranan Media Pembelajaran Dalam Meningkatkan Minat Belajar Mahasiswa. *Jurnal Komunikasi Pendidikan*, *2*(2), 103–114.

Tanjung, R. E., & Faiza, D. (2019). Canva Sebagai Media Pembelajaran Pada Mata Pelajaran Dasar Listrik Dan Elektronika. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika Dan Informatika*, *7*(2), 79–85.

Umam, M. A., & Zulkarnaen, R. (2022). Analisis Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa Dalam Materi Sistem Persamaan Linear Dua Variabel. *Jurnal Educatio FKIP UNMA*, *8*(1), 303–312.

Wisada, P. D., & Sudarma, I. K. (2019). Pengembangan Media Video Pembelajaran Berorientasi Pendidikan Karakter. *Journal of Education Technology*, *3*(3), 140–146.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengembangan Aplikasi *Edutainment* Berbasis *Game Based Learning* untuk Meningkatkan Kemampuan Spasial Matematis Siswa SMA

Fikri Syahputra[1*], Tiur Malasari Siregar[2]
[1,2]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan*
**Coresponding Author: fikri.4192411032@mhs.unimed.ac.id*

Abstrak, Penelitian ini memiliki tujuan berupa menyelidiki kualitas aplikasi *edutainment* berbasis *game based learning* dalam aspek kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan, sekaligus mengidentifikasi peningkatan kemampuan spasial matematis siswa setelah penggunaannya. Model pengembangan ADDIE digunakan sebagai metode dalam penelitian ini. Subjek penelitian adalah siswa kelas XII MAS Amaliyah Sunggal, dengan objek penelitian berupa aplikasi *edutainment* berbasis *game based learning*. Tes dan angket digunakan sebagai instrumen penelitian pada penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk yang telah dilakukan pengembangan telah memenuhi kriteria kevalidan dengan skor 4,61 dari ahli media dan 4,53 dari ahli materi, yang masuk dalam kategori sangat layak. Produk ini juga memenuhi kriteria kepraktisan pada rentang 76%-100%. Dari segi keefektifan, produk ini terbukti efektif sesuai dengan: (a) tingkat ketuntasan belajar klasikal siswa mencapai 97,67%, (b) rata-rata ketuntasan individu mencapai 88,5, menunjukkan tercapainya indikator pembelajaran, (c) respons siswa terhadap produk bernilai positif, dan (d) terjadi peningkatan pada kemampuan spasial matematis siswa, dengan nilai rata-rata *pretest* 20,67 meningkat menjadi 86,33 pada *posttest* dan analisis N-Gain menunjukkan peningkatan sebesar 0,756 dengan kategori tinggi.
Kata kunci: Edutainment; Game Based Learning; Kemampuan Spasial Matematis

Abstract, *This research aims to investigate the quality of game-based learning edutainment applications in terms of validity, practicality and effectiveness, as well as identifying improvements in students' mathematical spatial abilities after using them. The ADDIE development model is used as the method in this research. The research subjects were class XII students at MAS Amaliyah Sunggal, with the research object being a game-based learning edutainment application. Tests and questionnaires are used as research instruments in this research. The results of the research show that the product that has been developed has met the validity criteria with a score of 4.61 from media experts and 4.53 from material experts, which is included in the very feasible category. This product also meets the practicality criteria in the range of 76%-100%. In terms of effectiveness, this product was proven to be effective in accordance with: (a) the students' classical learning completeness level reached 97.67%, (b) the average individual completeness reached 88.5, indicating the achievement of the learning indicators, (c) the students' response to the product was positive, and (d) there was an increase in students' mathematical spatial abilities, with an average pretest score of 20.67 increasing to 86.33 in the posttest and N-Gain analysis showing an increase of 0.756 in the high category.*
Keywords*: Edutainment, Game Based Learning, Mathematical Spatial Ability*

Citation : Syaputra, F., & Siregar, T. M. (2024). Pengembangan Aplikasi Edutainment Berbasis Game Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Spasial Matematis Siswa SMA.*Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 51 - 60

PENDAHULUAN

Matematika merupakan salah satu mata pelajaran esensial dalam sistem pendidikan di Indonesia, mengingat signifikansinya dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari. Pembelajaran matematika bertujuan untuk mengembangkan kemampuan berpikir logis, kreatif, dan kritis pada siswa, serta meningkatkan keterampilan dalam menyelesaikan masalah matematika (Oktavia, 2024).

Tujuan pembelajaran ini sejalan dengan yang tercantum dalam Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan (Permendikbud) Nomor 36 Tahun 2018, yang menetapkan bahwa pembelajaran matematika di jenjang pendidikan dasar dan menengah bertujuan untuk: (1) Memanfaatkan pola untuk merumuskan dugaan guna menyelesaikan permasalahan serta melakukan generalisasi berdasarkan fenomena atau data yang ada, (2) Menggunakan penalaran dalam memahami sifat-sifat matematika, melakukan manipulasi terhadap konsep matematika, baik dalam penyederhanaan maupun dalam menganalisis komponen dalam pemecahan masalah, (3) Mengkomunikasikan gagasan dan penalaran, serta menyusun pembuktian matematis secara sistematis dengan menggunakan kalimat yang jelas, simbol, tabel, diagram, atau media lainnya untuk memperjelas kondisi atau masalah.

Kemampuan spasial matematis merupakan keterampilan yang sangat penting dalam pembelajaran matematika (Risnawati, 2022). Kemampuan ini mencakup kemampuan untuk membayangkan objek dan ruang dalam pikiran, yang memungkinkan seseorang untuk menyelesaikan masalah matematika yang memerlukan pemahaman tentang bentuk, ukuran, posisi, dan hubungan antar objek. Menurut Maier (1996), indikator kemampuan spasial matematis meliputi: *Spatial Perception*, *Spatial Visualization*, *Mental Rotation*, *Spatial Relation*, dan *Spatial Orientation*. Indikator-indikator ini menunjukkan pentingnya kemampuan spasial dalam proses pembelajaran matematika.

Namun, kemampuan spasial matematis siswa di Indonesia masih tergolong rendah. Hasil riset TIMSS (*Trends In International Mathematics And Science Study*) tahun 2015 menunjukkan Indonesia berada pada peringkat 44 dari 49 negara dengan skor rata-rata 397 untuk matematika, sementara skor rata-rata internasional adalah 505. Demikian juga, hasil riset PISA (*Programme for International Student Assesment*) tahun 2022 menunjukkan Indonesia berada di peringkat 70 dari 81 negara dengan skor rata-rata 366, jauh dari skor rata-rata internasional yang mencapai 472. Hal ini mencerminkan rendahnya kemampuan matematika siswa Indonesia, yang juga berdampak pada rendahnya kemampuan spasial matematis mereka.

Dalam observasi yang dilakukan di MAS Amaliyah Sunggal, ditemukan bahwa kemampuan spasial matematis siswa masih tergolong rendah. Tes diagnostik yang dilakukan menunjukkan bahwa siswa kesulitan dalam memahami objek yang ditampilkan, menemukan solusi dari masalah, serta menafsirkan informasi dari soal yang diberikan. Faktor utama yang menyebabkan rendahnya kemampuan spasial ini, berdasarkan wawancara dengan guru matematika, adalah pendekatan pembelajaran yang masih bersifat *teacher-centered*, di mana guru hanya menyampaikan materi dan memberi contoh soal tanpa memberi kesempatan pada siswa untuk mengonstruksi pengetahuan mereka sendiri. Selain itu, kesulitan siswa dalam memahami bangun ruang melalui media dua dimensi turut berkontribusi terhadap rendahnya kemampuan ini.

Untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa, penggunaan teknologi sebagai media pembelajaran bisa menjadi solusi yang efektif. Teknologi, melalui aplikasi edukatif atau permainan berbasis matematika, dapat membantu siswa memahami materi matematika dan meningkatkan kemampuan spasial mereka (Pratama, 2023). Salah satu bentuk aplikasi tersebut adalah aplikasi *edutainment*, yang menggabungkan pendidikan dengan hiburan. Aplikasi ini menawarkan permainan menarik dan interaktif yang tidak hanya menyenangkan tetapi juga mendidik, memungkinkan siswa belajar matematika secara menyenangkan. Aplikasi ini dapat memberikan pengalaman belajar yang adaptif, sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan siswa.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Salah satu model pembelajaran berbasis teknologi yang dapat diterapkan adalah *game based learning*, yang menggunakan permainan sebagai sarana untuk pembelajaran. Dalam *game based learning*, siswa diberikan tantangan matematika yang harus diselesaikan dalam bentuk permainan. Siswa harus menggunakan kemampuan spasial matematis mereka untuk memahami dan menyelesaikan masalah dalam permainan tersebut, yang memungkinkan mereka menguasai konsep matematika dengan lebih mudah melalui pengalaman langsung.

Namun, penggunaan aplikasi *edutainment* berbasis *game based learning* masih terbatas di Indonesia, meskipun prospeknya sangat menjanjikan. Hal ini mungkin disebabkan oleh keterbatasan keterampilan dan pengetahuan pengembang aplikasi serta terbatasnya akses pada teknologi yang diperlukan untuk mengembangkan aplikasi berkualitas. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas aplikasi *edutainment* berbasis *game based learning* dalam meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa dengan menilai aspek kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan aplikasi tersebut. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menggambarkan peningkatan kemampuan spasial matematis siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan aplikasi ini.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Research and Development*). Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah model pengembangan ADDIE yang terdiri dari *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*. Instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini berupa angket dan tes. Penelitian ini dilaksanakan di sekolah MAS Amaliyah yang berlokasi di Jl. Tani Asli Gg. Asal, Kel. Tanjung Gusta, Kec. Sunggal, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara. Subjek pada penelitian ini adalah siswa kelas XII MAS Amaliyah Sunggal, sedangkan objek pada penelitian ini adalah aplikasi *edutainment* berbasis *game based learning* untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa.

Pada tahap *Analysis*, dilaksanakan dengan melakukan analisis untuk mengetahui berbagai hal dan ketentuan yang diperlukan dalam melakukan pengembangan produk agar sesuai dengan pembelajaran. Tahap ini dilakukan pada 4 tahap, yaitu: (1) Analisis kinerja yang bertujuan untuk mengidentifikasi kemampuan matematika yang ada pada siswa, (2) Analisis sumber daya yang bertujuan untuk mengidentifikasi sumber daya yang digunakan di sekolah baik secara fisik maupun non fisik, (3) Analisis kebutuhan yang bertujuan untuk mengidentifikasi solusi yang diperlukan pada permasalahan pembelajaran yang dihadapi siswa, (4) Analisis materi yang bertujuan untuk mengetahui konsep pokok dari materi yang relevan dalam pengembangan produk.

Pada tahap *Design*, dilaksanakan dengan melakukan perancangan produk yang dikembangkan sehingga diperoleh aplikasi *edutainment* berbasis *game based learning* yang mengacu pada peningkatan kemampuan spasial matematis siswa. Selain rancangan produk aplikasi, pada tahap ini juga dilaksanakan perancangan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) dengan produk aplikasi yang sudah dihasilkan nantinya (masih bersifat konseptual), serta penyusunan instrumen-instrumen yang akan dipergunakan.

Pada tahap *Development*, dilaksanakan dengan mewujudkan hal-hal yang sudah dilaksanakan pada tahap desain. Pada tahap ini, rancangan (desain) produk diwujudkan sehingga terbentuk sebuah aplikasi *edutainment* berbasis *game based learning* sesuai dengan yang diinginkan. Produk yang dihasilkan akan dilakukan proses validasi oleh beberapa ahli dari segi media dan materi. Hasil

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

penilaian ahli dianalisis kemudian dilakukan revisi atau perbaikan, sehingga aplikasi yang sudah dilakukan pengembangan pada tahap perancangan *draft* 1 menghasilkan *draft* 2 yang layak uji coba.

$$M = \frac{\sum x}{N} \quad (1)$$

Analisis kevalidan dilaksanakan dengan memberikan nilai pada setiap aspek yang akan dinilai dengan tanggapan Sangat Kurang (1), Kurang (2), Cukup (3), Baik (4), Sangat Baik (5). Kemudian dihitung skor rata-ratanya dengan menggunakan persamaan 1 (Akbar, 2013). Pada persamaan tersebut, M merupakan skor rata-rata yang diperoleh dengan membagi jumlah nilai keseluruhan ($\sum x$) dengan banyaknya penilai (N). Kemudian, hasilnya dideskripsikan berdasarkan kriteria kevalidan; 0-20% tidak valid, 21-40% kurang valid, 41-60% cukup valid, 61-80% valid, dan 81-100% sangat valid (Arikunto, 2013).

Pada tahap *Implementation*, dilaksanakan dengan melakukan uji coba produk aplikasi *edutainment* berbasis *game based learning* kepada siswa kelas XII MAS Amaliyah Sunggal untuk mengetahui kepraktisan produk pembelajaran. Analisis kepraktisan didapatkan dari hasil angket respons guru dan siswa yang diberikan sesudah uji coba media pembelajaran. Penilaian dilaksanakan dengan memberikan nilai pada setiap aspek yang akan dinilai dengan tanggapan Sangat Kurang (1), Kurang (2), Baik (3), Sangat Baik (4). Selanjutnya, skor rata-rata dihitung dan dikonversi berdasarkan kriteria kepraktisan. Analisis tingkat kepraktisan produk dalam angket dapat ditentukan menggunakan persamaan 2 (Akbar, 2013) dengan, V_p skor validitas kepraktisan yang diperoleh dengan membagi total skor empiris kepraktisan (T_{sep}) dengan skor maksimal yang diharapkan (S_{max}) lalu dikali dengan 100%. Kemudian, hasilnya dikategorikan kepraktisan; 0%-25% tidak praktis, 26%-50% kurang praktis, 51%-75% praktis, dan 76%-100% sangat praktis.

$$V_p = \frac{T_{sep}}{S_{max}} \times 100\% \quad (2)$$

Pada tahap *Evaluation*, dilaksanakan dengan melakukan evaluasi setelah menggunakan aplikasi *edutainment* berbasis *game based learning* terhadap siswa kelas XII MAS Amaliyah Sunggal untuk melihat keefektifan produk dalam meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa. Analisis keefektifan diperoleh melalui tes berupa *posttest* yang kemudian dianalisis ke dalam empat bagian, yaitu analisis ketuntasan belajar secara klasikal, analisis ketercapaian indikator pembelajaran, analisis kemampuan spasial matematis secara keseluruhan, dan analisis N-Gain. Analisis ketuntasan belajar secara klasikal ditentukan berdasarkan nilai suatu ketika di dalam kelas memiliki nilai $\geq$ 85% siswa yang telah mencapai nilai $\geq$ 75 (Trianto, 2011). Perhitungannya dapat dilakukan dengan menggunakan rumus persamaan 3 dengan KB merupakan ketuntasan belajar yang diperoleh dengan membagi jumlah skor yang diperoleh siswa (T) dengan jumlah skor total (T_t) lalu dikali dengan 100%. Kemudian, menentukan persentase ketuntasan atau persentase ketuntasan klasikal (PKK) dengan menggunakan persamaan 4.

$$\text{KB} = \frac{T}{Tt} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{PKK} = \frac{\text{Jumlah siswa yang tuntas belajar}}{\text{Jumlah seluruh siswa}} \times 100 \quad (4)$$

Pada rumus tersebut, PKK merupakan persentase ketuntasan klasikal yang diperoleh dengan membagi jumlah siswa yang tuntas belajar dengan jumlah seluruh siswa lalu dikali dengan 100%.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Selanjutnya, analisis ketercapaian indikator pembelajaran ditentukan berdasarkan kriteria apabila 65% siswa mencapai minimal 75% dari target indikator yang ditetapkan menggunakan persamaan 5 (Hasratuddin, 2018)

$$r_i = \frac{S_i}{SM_i} \times 100\% \quad (5)$$

Pada persamaan 5, r_i merupakan persentase ketercapaian indikator ke-i yang diperoleh dengan membagi jumlah skor siswa indikator ke-i (S_i) dengan jumlah skor maksimal indikator ke-i (SM_i) lalu dikali dengan 100%. Selanjutnya, analisis kemampuan spasial matematis secara keseluruhan dilakukan dengan menentukan hasil tes kemampuan spasial matematis siswa pada *pretest* dan *posttest* berdasarkan pedoman penskoran menggunakan persamaan 6 (Hasratuddin, 2018).

$$\text{SK} = \frac{T}{Ti} \times 100\% \quad (6)$$

Pada persamaan 6, SK merupakan persentase skor kemampuan spasial matematis yang diperoleh dengan membagi jumlah skor yang diperoleh siswa (T) dengan jumlah skor total (T_t) lalu dikali dengan 100%. Kemudian, hasilnya dideskripsikan berdasarkan tingkat kemampuan spasial matematis dengan kategori 0%-54% sangat rendah, 55%-64% rendah, 65%-79% sedang, 80%-89% tinggi, dan 90%-100% sangat tinggi. Analisis N-Gain dilakukan untuk mengetahui peningkatan kemampuan spasial matematis siswa sebelum dengan setelah menggunakan aplikasi *edutainment* berbasis *game based learning* ditentukan menggunakan persamaan 7 (Arifin, 2020).

$$g = \frac{S_{postest} - S_{pretest}}{S_{maks} - S_{pretest}} \quad (7)$$

Klasifikasi N-Gain menurut Hake (Meltzer, 2002) terbagi menjadi tiga kategori. Jika nilai g lebih besar dari 0,7 (g > 0,7), maka dikategorikan sebagai tinggi. Jika nilai g berada dalam rentang 0,3 ≤ g ≤ 0,7, maka termasuk dalam kategori sedang. Sementara itu, jika nilai g kurang dari 0,3 (g < 0,3), maka masuk dalam kategori rendah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dalam penelitian ini mencakup data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif diperoleh dari lembar kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan, sedangkan data kuantitatif diperoleh dari perhitungan hasil *pretest* dan *posttest*.

Tahap Analisis (Analysis)

Hasil yang diperoleh pada tahap ini berupa hasil analisis kinerja, sumber daya, kebutuhan, dan materi. Berdasarkan hasil analisis kinerja diperoleh bahwa permasalahan yang dialami adalah kemampuan spasial matematis yang masih rendah. Beberapa penyebab rendahnya kemampuan tersebut adalah pembelajaran masih berpusat pada guru, belum ada media yang sesuai untuk digunakan pada pembelajaran, siswa kesulitan dalam memahami bangun tiga dimensi dalam bentuk dua dimensinya, dan pembelajaran terasa jenuh sehingga siswa kurang bersemangat dalam belajar.

Analisis sumber daya menunjukkan bahwa ada tiga sumber daya yang terdapat pada sekolah ini, yaitu sumber daya manusia, sumber daya bukan manusia, dan sumber daya fisik. Jika dikhususkan kepada penelitian ini, sumber daya yang terdapat di sekolah ini memadai untuk dilaksanakan penelitian ini. Dari sumber daya bukan manusia berupa program sekolah, di mana untuk pelaksanaan ujian di sekolah ini sudah menggunakan CBT (*Computer Based Test*) sehingga seluruh peserta didik memiliki perangkat yang memadai untuk digunakan. Dari sumber daya manusia berupa guru dan

peserta didik, di mana mereka sudah mahir menggunakan teknologi sehingga jika harus belajar penggunaan aplikasi tentu akan dapat dengan mudah dilakukan. Dari sumber daya fisik berupa fasilitas sekolah, di mana fasilitas yang ada cukup memadai seperti tersedianya proyektor dan stopkontak listrik yang banyak sehingga sangat mendukung apabila sangat diperlukan pada penelitian ini.

Analisis kebutuhan menunjukkan sifat dan karakteristik siswa yang diperlukan dalam meningkatkan kemampuan spasial matematis mereka. Hal yang paling menonjol dari mereka adalah kurangnya motivasi dan minat belajar matematika. Mereka merasa bosan jika hanya belajar dari buku saja dan mereka lebih menyukai jika pembelajaran matematika dapat dilakukan secara interaktif dan masih berkaitan dengan kehidupan sehari-hari.

Analisis materi menelaah materi yang cocok dengan pengembangan produk dan peningkatan kemampuan spasial matematis. Materi yang relevan untuk digunakan dalam penelitian ini ialah Dimensi Tiga. Selain itu, dilakukan identifikasi pada konsep pokok dari materi yang akan diajarkan, merinci konsep-konsep tersebut, lalu kemudian menyusunnya dalam bentuk hierarki agar lebih mudah digunakan pada pengembangan produk nanti.

Tahap Desain (Design)

Hasil yang diperoleh pada tahap ini berupa konsep dari rancangan aplikasi, RPP, dan instrumen penelitian. Rancangan aplikasi terdiri dari konten dan desain, konten meliputi dari materi dan cara kerja aplikasi, sedangkan desain meliputi segala sesuatu yang berkaitan dengan tampilan aplikasi. Kedua hal tersebut harus dikaji dan dipadankan pada hasil analisis yang sudah dilaksanakan sebelumnya. RPP yang dirancang adalah RPP sesuai dengan Kurikulum 2013 yang menggunakan Model *Game Based Learning* dan menggunakan materi Dimensi Tiga. Instrumen penelitian yang dirancang berupa lembar validasi untuk ahli media dan ahli materi, angket respons guru dan siswa, serta tes untuk *pretest* dan *posttest*.

Tahap Pengembangan (Development)

Pada tahap ini terdiri atas dua kegiatan, yaitu pengembangan aplikasi dan validasi ahli. Pada tahap pengembangan aplikasi, bagian-bagian mendasar dari aplikasi *edutainment* berbasis *game based learning* seperti navigasi, permainan, teks, dan cara kerja aplikasi diprogram terlebih dahulu menggunakan kode pemrograman dengan Godot. Selain, itu aset yang digunakan seperti gambar, audio, dan objek 3D pada aplikasi dibuat dengan aplikasi lain yang sesuai untuk membuat aset-aset tersebut. Apabila seluruh komponen telah disiapkan maka digabungkan menjadi satu dan diekspor menjadi sebuah berkas aplikasi APK yang dapat dijalankan pada perangkat Android.

Selanjutnya, aplikasi *edutainment* berbasis *game based learning* yang telah dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa dilakukan validasi kepada para ahli. Validasi dilakukan setelah aplikasi *edutainment* berbasis *game based learning* selesai dikembangkan. Berdasarkan hasil validasi, Validasi Ahli Media memperoleh skor 4,61 atau 92,2%, yang termasuk dalam kategori Sangat Layak (SL). Sementara itu, Validasi Ahli Materi mendapatkan skor 4,53 atau 90,6%, yang juga dikategorikan sebagai Sangat Layak (SL). Berdasarkan nilai tersebut maka aplikasi *edutainment* berbasis *game based learning* yang telah dilakukan pengembangan dapat dinyatakan telah valid dan sangat layak untuk dipergunakan.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada pendekatan yang digunakan dalam validasi produk. Tidak hanya dilakukan uji validitas dari segi media dan materi, tetapi juga mempertimbangkan aspek interaksi dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran berbasis game. Sebelumnya, penelitian oleh Sugiarto dkk. (2023) mengembangkan *Mobile Learning* berbasis *Virtual Reality*, namun penelitian ini lebih menekankan pada aspek permainan edukatif berbasis game dengan metode pembelajaran yang lebih fleksibel dan tidak memerlukan perangkat tambahan seperti VR.

Tahap Implementasi (Implementation)

Tahap ini dilakukan setelah melakukan revisi dan perbaikan pada aplikasi *edutainment* berbasis *game based learning* yang telah dilakukan pengembangan berdasarkan saran dan komentar para ahli yang sudah memenuhi kriteria kevalidan. Tahap ini dilaksanakan dalam enam kali pertemuan, yang mencakup pelaksanaan pembelajaran sesuai dengan rencana pembelajaran, serta pemberian tes kemampuan awal (*pretest*) dan tes kemampuan akhir (*posttest*). Selain itu, diberikan pula angket respons siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan aplikasi *edutainment* berbasis *game based learning*. Uji coba dilaksanakan dilakukan di kelas XII IPA 3 MAS Amaliyah Sunggal dengan jumlah siswa 43 orang.

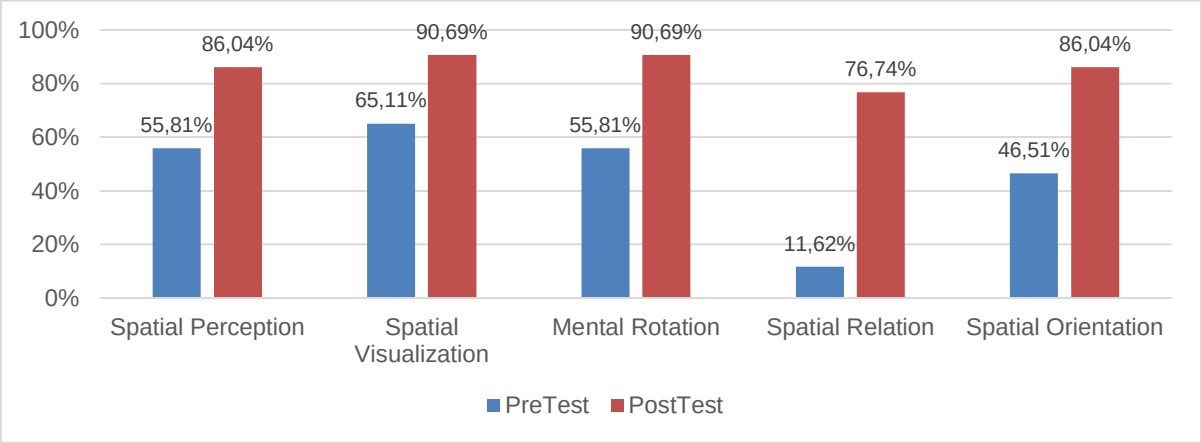
Berdasarkan hasil analisis kepraktisan, diperoleh rata-rata respons dari guru sebesar 92,5% yang masuk ke dalam kategori Sangat Praktis. Sementara itu, rata-rata respons dari siswa mencapai 94,5%, yang juga dikategorikan sebagai Sangat Praktis. Hal ini mengindikasikan bahwa guru dan siswa menilai instrumen atau program yang diuji memiliki tingkat kepraktisan yang sangat tinggi. Nilai ini merupakan bentuk respons positif baik dari guru maupun siswa terhadap aplikasi yang dikembangkan. Berdasarkan nilai tersebut maka aplikasi *edutainment* berbasis *game based learning* yang sudah dilakukan pengembangan dapat dikatakan praktis dan berada pada kategori sangat praktis.

Sebagai perbandingan, penelitian oleh Ariyani dkk. (2022) yang mengembangkan aplikasi *Transformer GeoGebra* berbasis spasial matematis menunjukkan efektivitas dalam meningkatkan pemahaman geometri siswa. Namun, penelitian ini memiliki keunggulan dengan mengembangkan aplikasi berbasis game yang lebih adaptif dan memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik.

Tahap Evaluasi (Evaluation)

Tahap ini dilakukan dengan menganalisis hasil dari tes kemampuan awal (*pretest*) dan tes kemampuan akhir (*posttest*) yang dianalisis ke dalam empat bagian, yaitu analisis ketuntasan belajar secara klasikal, analisis ketercapaian indikator pembelajaran, analisis kemampuan spasial matematis secara keseluruhan, dan analisis N-Gain. Berdasarkan hasil analisis persentase ketuntasan belajar klasikal, pada tahap *pretest*, hanya 4 siswa atau 9,3% yang mencapai ketuntasan, sedangkan 39 siswa atau 90,7% belum tuntas. Namun, setelah dilakukan *posttest*, terjadi peningkatan yang signifikan, di mana 42 siswa atau 97,67% telah mencapai ketuntasan, sementara hanya 1 siswa atau 2,33% yang masih belum tuntas. Hasil ini mengindikasikan bahwa adanya peningkatan ketuntasan belajar yang sangat baik sesudah dilakukan pembelajaran.Selanjutnya, analisis yang kedua yaitu analisis ketercapaian indikator pembelajaran dapat diperhatikan pada gambar 1. Berdasarkan Gambar 1, dapat dilihat bahwa adanya peningkatan kemampuan spasial matematis siswa dari *pretest* dan *posttest* pada setiap indikator pembelajaran. Pada indikator *Spatial Perception* menunjukkan peningkatan sebesar 30,23%, indikator *Spatial Visualization* menunjukkan peningkatan sebesar 25,58%, indikator *Mental Rotation* menunjukkan peningkatan sebesar 34,88%, indikator *Spatial Relation* menunjukkan

peningkatan sebesar 65,12%, indikator *Spatial Orientation* menunjukkan peningkatan sebesar 39,53%.



Gambar 1. Diagram Peningkatan Ketercapaian Indikator Pembelajaran

Selanjutnya, analisis yang ketiga yaitu analisis kemampuan spasial matematis secara keseluruhan. Berdasarkan penelitian yang sudah dilaksanakan, diperoleh nilai rata-rata hasil belajar siswa pada tes kemampuan awal (*pretest*) sebesar 20,67 sedangkan pada tes kemampuan akhir (*posttest*) sebesar 86,33. Sehingga, dapat dilihat bahwa rata-rata perolehan tes uji coba lapangan mendapatkan peningkatan dari *pretest* ke *posttest* sebesar 65,66. Analisis yang keempat yaitu analisis N-Gain. Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, diperoleh bahwa 83,72% siswa merasakan peningkatan pada kategori tinggi, 16,28% siswa merasakan peningkatan pada kategori sedang, dan 0% siswa merasakan peningkatan pada kategori rendah. Adapun rata-rata N-Gain dari seluruh siswa adalah sebesar 0,756 yang berada di kategori tinggi. Dapat terlihat adanya peningkatan yang baik pada kemampuan spasial matematis siswa setelah menggunakan aplikasi *edutainment* berbasis *game based learning* yang telah dikembangkan.

Penelitian ini memberikan kontribusi baru dalam kajian pembelajaran matematika dengan memanfaatkan *game based learning* untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa. Meskipun penelitian sebelumnya oleh Arifin dkk. (2020) telah mengembangkan media pembelajaran STEM berbasis *Augmented Reality*, penelitian ini menawarkan inovasi dalam penggunaan game interaktif berbasis *mobile* yang lebih mudah diakses oleh siswa tanpa memerlukan perangkat yang terlalu khusus.

Penelitian ini memiliki kebaruan dalam penggunaan aplikasi *edutainment* berbasis *game based learning* dalam pembelajaran matematika pada materi kemampuan spasial matematis, yang mana hal seperti ini belum banyak dibahas dalam penelitian sebelumnya. Temuan ini memberikan kontribusi dalam pendidikan matematika dengan pendekatan yang menerapkan teknologi pada pembelajaran dan kegiatan belajar yang menyenangkan. Kebaruan dari penelitian ini juga terletak pada pendekatan *game based learning* yang berorientasi pada kemampuan spasial matematis, yang tidak hanya berfungsi sebagai media hiburan tetapi juga sebagai media pembelajaran yang dibuat khusus untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa.

Aplikasi ini menawarkan pengalaman bermain yang menyatu dengan proses belajar, memungkinkan siswa lebih terlibat dan termotivasi dibandingkan dengan aplikasi pembelajaran konvensional. Selain itu, aplikasi ini lebih fleksibel dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

menggunakan *Virtual Reality* atau *Augmented Reality*, karena dapat dijalankan di perangkat mobile standar tanpa memerlukan teknologi tambahan.

Hasil penelitian ini memiliki beberapa implikasi dalam dunia pendidikan. Aplikasi ini dapat dijadikan sebagai referensi dalam pengembangan media pembelajaran interaktif berbasis teknologi, serta menjadi acuan bagi pengembang aplikasi edukatif lainnya untuk lebih memperhatikan aspek interaksi dan keterlibatan siswa. Selain itu, hasil penelitian ini dapat mendukung implementasi kurikulum yang berbasis digital dan inovatif dalam pembelajaran matematika. Dengan adanya temuan ini, penelitian ini memberikan kontribusi dalam bidang pendidikan matematika, khususnya dalam pengembangan metode pembelajaran yang lebih inovatif dan menarik bagi siswa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa aplikasi *edutainment* berbasis *game based learning* yang dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa telah memenuhi kriteria kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan. Kriteria kevalidan telah terpenuhi dari hasil validasi media sebesar 4,61 atau 92,2% dan hasil validasi materi sebesar 4,53 atau 90,6% di mana keduanya termasuk ke dalam kategori sangat layak. Kriteria kepraktisan telah terpenuhi dari hasil angket respons guru sebesar 92,5% dan hasil kepraktisan angket respons siswa sebesar 94,5% di mana keduanya termasuk ke dalam kategori sangat praktis. Kriteria keefektifan telah terpenuhi dari hasil persentase ketuntasan belajar klasikal sebesar 97,67% dan hasil analisis N-Gain sebesar 0,756 yang berada pada kategori tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam menyelesaikan penelitian ini, yaitu Ibu Tiur Malasari Siregar, S.Pd., M.Si. sebagai dosen pembimbing, serta pihak sekolah, termasuk Kepala Sekolah, Guru, dan Staf Administrasi di MAS Amaliyah Sunggal yang telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian ini di sekolah tersebut. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan dan keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan dalam segala hal.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar, S. (2013). *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. PT. Remaja Rosdakarya.

Alamin, Z., Missouri, R., & Lukman, L. (2022). Pemanfaatan Teknologi Informasi dalam Pengembangan Materi Pendidikan Agama Islam: Tinjauan Aplikasi Interaktif Al-Qur'an Digital. *TAJDID : Jurnal Pemikiran Keislaman dan Kemanusiaan*, *6*(2), 296–306. https://doi.org/10.52266/tadjid.v6i2.1202

Arifin, A. M., Pujiastuti, H., & Sudiana, R. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran STEM dengan Augmented Reality untuk Meningkatkan Kemampuan Spasial Matematis Siswa. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, *7*(1), Article 1. https://doi.org/10.21831/jrpm.v7i1.32135

Arikunto, S. (2013). *Manajemen Pendidikan*. Rineka Cipta.

Ariyani, S., Ulya, H., & Rahayu, R. (2022). Pengembangan Aplikasi Transformer Geogebra Berbasis Kemampuan Spasial Matematis. *Cendekia : Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, *16*(1), Article 1. https://doi.org/10.30957/cendekia.v16i1.693

Hasratuddin. (2018). *Mengapa Harus Belajar Matematika*. Perdana Publishin.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Meltzer, D. E. (2002). The Relationship Between Mathematics Preparation and Conceptual Learning Gains in Physics: A Possible "Hidden Variable" in Diagnostic Pretest Scores. *American Journal of Physics, 70*(12), 1259–1268. https://doi.org/10.1119/1.1514215

Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., & Hooper, M. (2016). *TIMSS 2015 International Results in Mathematics*. http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/

OECD. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. OECD. https://doi.org/10.1787/53f23881-en

Oktavia, P. N., Hawa, I., Delpita, S., Putri, R. I., Fatmila, D., & Nevrita, N. (2024). Teacher Solutions for Dealing with Student Character inImplementing Differentiated Learning at SMA Negeri 3 Tanjung Pinang. *Didaktika : Jurnal Kependidikan*, *18*(1), 35–43. https://doi.org/10.30863/didaktika.v18i1.5898

Prabawati, R., Yanto, Y., & Mandasari, N. (2019). Pengembangan LKS Berbasis PMRI Menggunakan Konteks Etnomatematika pada Materi SPLDV. *Jurnal Pendidikan Matematika : Judika Education*, *2*(2), Article 2. https://doi.org/10.31539/judika.v2i2.870

Pratama, A. Y., Saputra, D., Haq, K. A., & Salim, N. (2023). Analisis Penggunaan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing pada Materi Sejarah di Kelas 4 SD Negeri 079/II Baru Pusat Jalo. *TSAQOFAH*, *3*(5), 722–730. https://doi.org/10.58578/tsaqofah.v3i5.1359

Risnawati, A. A., Dwijanto, D., & Kharisudin, I. (2022). Analisis Berpikir Kreatif Matematis Siswa Ditinjau dari Kecerdasan Majemuk. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, *6*(1), Article 1. https://doi.org/10.31004/cendekia.v6i1.412

Sugiarto, S., Buchori, A., & Kusumaningsih, W. (2023). Pengembangan Mobile Learning Matematika menggunakan Virtual Reality dalam Meningkatkan Kemampuan Spasial Siswa SMP. *Imajiner : Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, *5*(3), Article 3. https://doi.org/10.26877/imajiner.v5i3.15465

Trianto. (2011). *Model Pembelajaran Terpadu: Konsep, Strategi, dan Implementasinya dalam Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP)*. Bumi Aksara.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengaruh Pendekatan Matematika Realistik Berbantuan *GeoGebra* Terhadap Kemampuan Berpikir Komputasi Peserta Didik Kelas VIII

Cindy Aulia Zahra Saragih[1*], Erlinawaty Simanjuntak[2]
[1,2]*Pendidikan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Medan, Indonesia*
* Coresponding Auhor: *cindyaulia070602@gmail.com*

Abstrak, Riset ini bermaksud untuk mendeskripsikan dampak Pendekatan Matematika Realistik dengan berbantuan aplikasi GeoGebra terhadap kemampuan berpikir komputasi peserta didik pada materi menyederhanakan bentuk aljabar SMP. Riset ini dilangsungkan di SMP Negeri 4 Tanjungbalai pada T.A 2024/2025. Metode yang diaplikasikan dalam riset ini yakni metode quasi experiment. Sampel dalam riset ini berlaku dua ruang, yakni kelas VIII-4 sebagai ruang eksperimen dan ruang VIII-3 sebagai kelas kontrol. Berlandaskan perolehan riset didapati $t_{hitung} > t_{tabel}$ $(5{,}430 > 1{,}671)$ yang ditafsirkan terkandung pengaruh Pendekatan Matematika Realistik dengan berbantuan GeoGebra terhadap kemampuan berpikir komputasi anak didik kelas VIII di SMP Negeri 4 Tanjungbalai. Selain itu, Pendekatan Matematika Realistik dengan berbantuan GeoGebra menyerahkan pengaruh terhadap keterampilan berpikir komputasi anak didik dengan nilai efek senilai 1,379 (efek besar)..
Kata kunci: Geogebra; Kemampuan Berpikir Komputasi; Pendekatan Matematika Realistik

Abstract, The research aims to determine the effect of the Realistic Mathematics Education assissted by the GeoGebra on Students' computational thinking skills in the material on Simplifying algebraic. This research was conducted at SMP Negeri 4 Tanjungbalai T.A 2023/2024. The research method used is a quasi eksperimental method. The sample in this study consisted of two classes, namely class VIII-4 as the experimental class and class VIII-3 as the control class. Based on the research results obtained $t_{hitung} > t_{tabel}$ $(5{,}430 > 1{,}671)$*, which means that there is an effect of the Realistic Mathematics Education assissted by the GeoGebra on the computational thinking skills of class VIII students at SMP Negeri 4 Tanjungbalai. In addition, the Realistic Mathematics Education assisted by the GeoGebra has an effect of 1,379 (Big effect).*
Keywords: Geogebra; Computational Thinking Skills; Realistic Mathematics Education

Citation : Saragih, C. A.Z. & Simanjuntak, E. (2024). Pengaruh Pendekatan Matematika Realistik Berbantuan GeoGebra Terhadap Kemampuan Berpikir Komputasi Peserta Didik Kelas VIII. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 61 – 69

PENDAHULUAN

Pendidikan yakni suatu usaha untuk menguraikan setiap segi kelakuan dan keterampilan manusia. Pendidikan yakni mekanisme yang mengikutsertakan pemberian pengetahuan, keterampilan dan nilai-nilai dari suatu generasi ke generasi selanjutnya. Tujuan utama pendidikan adalah untuk mengembangkan potensi dan kemampuan individu secara menyeluruh, mempersiapkan individu agar hidup bermakna, serta membangun masyarakat yang maju Indonesia menaruh harapan besar terhadap pendidikan untuk masa depan pembangunan bangsa ini, karena melalui pendidikanlah generasi penerus bangsa dapat dilatih. Oleh karena itu, pendidikan yang baik tidak hanya tertuju pada merancang anak didik untuk karir atau posisi tertentu tetapi juga pada kemampuan mengatasi tantangan sehari-hari dan mengimplementasikannya dalam berbagai situasi.

Adriani et al. (2022) mendeskripsikan bahwa "salah satu cabang ilmu pengetahuan yang tidak dapat terpisahkan dari sistem pendidikan yakni matematika, dimana matematika ditemukan pada semua jenjang pendidikan mulai dari sekolah dasar hingga perguruan tinggi. Sebagai ilmu dasar,

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

matematika memegang peranan penting dalam kemajuan teknologi". Hal ini diperkuat dengan pendapat Nasution et al. (2022) yang mendeskripsikan bahwa "matematika yakni ilmu umum untuk pertumbuhan teknologi modern". Maka dari itu, penguasaan matematika dengan pondasi yang kokoh diperlukan untuk mengimbangi dan mendukung perkembangan teknologi modern. Matematika yakni bagian dari kesibukan manusia yang ditemukan dalam setiap perbuatan dan pekerjaan manusia yang merancang matematika menjadi suatu penanggulangan dari setiap persoalan manusia. Matematika ditemukan pada semua jenjang pendidikan mulai dari sekolah dasar hingga perguruan tinggi. Hal ini diperlukan agar dapat menjadi bekal bagi peserta didik. Matematika yakni sebuah disiplin ilmu yang mempelajari pola, struktur, dan hubungan dalam dunia yang dapat diukur dan dihitung.

Berlandaskan hasil PISA tahun 2022, peserta didik di Indonesia memiliki kemampuan berpikir dan bernalar yang rendah, setiap soal tes matematika PISA ditata agar peserta didik dapat menangkap salah satu mekanisme pengerjaan pada soal tes, namun pada kenyataannya peserta didik belum dapat menangkap dan merespon setiap item tes dengan baik. Maka dari itu, kemampuan berpikir komputasi dianggap sebagai salah satu kemampuan yang harus dimiliki oleh peserta didik pada era ini.

Berpikir komputasi merupakan tahap kognitif dimana peserta didik mengembangkan pola pikir terstruktur untuk memecahkan permasalahan tertentu. Kemampuan berpikir komputasi ini juga dapat membantu peserta didik memecahkan berbagai jenis masalah dengan lebih mudah karena menerapkan teknik yang melibatkan penyederhanaan masalah dan merangsang kreativitas peserta didik. Hal ini sejalan dengan pendapat Cahdriyana & Richardo (2020) yang mendeskripsikan bahwa "kemampuan berpikir komputasi yakni salah satu kemampuan yang harus dimiliki peserta didik untuk dapat menuntaskan suatu persoalan matematika. Berpikir komputasi yakni kemampuan yang mengacu pada pemecahan masalah dengan mengimplementasikan konsep-konsep yang diterapkan dalam ilmu komputer" Berlandaskan hasil tes awal yang dilangsungkan peneliti, dari 20 peserta didik yang mematuhi tes, dicapai bahwa tingkat keterampilan berpikir komputasi anak didik masih lemah, dimana masih banyak anak didik yang mengerjakan soal tidak sesuai dengan indikator berpikir komputasi. Hal ini dibuktikan dengan hasil yang dicapai peneliti dalam observasi awal.

Berlandaskan interview dari pengajar matematika yang mengajar di kelas VIII SMP Negeri 4 Tanjungbalai yang mendeskripsikan bahwa: "Pembelajaran matematika disekolah ini bisa dikatakan sudah cukup baik, namun pada mekanisme pembelajaran masih banyak anak didik yang tidak hapal perkalian, peserta didik kurang dalam hal mendasar mengenai pembelajaran matematika sehingga sulit untuk melanjutkan ke materi yang selanjutnya. Kemudian jika dalam hal pemanfaatan teknologi kurang diterapkan di sekolah ini oleh pengajar dikarenakan kurangnya penafsiran peserta didik mengenai teknologi dan waktu yang diaplikasikan untuk mengimplementasikan penggunaan teknologi tidak sedikit, apalagi dalam hal penggunaan aplikasi seperti geogebra, kami belum pernah memakai media pembelajaran berbentuk aplikasi. Peserta didik disekolah ini juga kesulitan dalam mengerjakan soal yang berbentuk cerita, mereka kesulitan untuk menafsirkan soal tersebut. Ada beberapa peserta didik yang bisa menafsirkannya, namun butuh waktu untuk mereka bisa menafsirkan soal tersebut. Dan untuk berpikir komputasi, peserta didik disekolah ini masih kurang penafsiran akan hal itu". Berlandaskan informasi tersebut dapat dirangkum mengenai anak didik masih kurang menafsirkan mengenai pengetahuan awal dalam pembelajaran matematika yang merancang peserta didik kurang dapat mengikuti pembelajaran dengan baik.

Berlandaskan masalah diatas, diperlukan suatu pendekatan yang diaplikasikan agar peserta didik dapat secara aktif berdiskusi dan mengeluarkan pendapatnya serta saling bekerjasama dengan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

teman kelompoknya. Salah satu pendekatan yang dapat diaplikasikan yaitu Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik (PMR) (Suryati & Adnyana, 2022). Sesuai dengan hasil interview dengan pengajar mata pelajaran matematika di SMP Negeri 4 Tanjungbalai, yang mendeskripsikan bahwa beliau belum pernah memakai pedekatan pembelajaran Pendidikan Matematika Realistik, maka peneliti tertarik untuk melangsungkan riset memakai pendekatan ini. Hal ini juga didukung dengan peneliti terdahulu yang berhasil melangsungkan riset yang sama mengenai Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik terhadap kemampuan berpikir komputasi peserta didik yaitu riset yang dilangsungkan oleh Supiarmo et al. (2022) yang berjudul "Implementasi Pembelajaran Matematika Realistik untuk menaikkan Kemampuan Berpikir Komputasional Siswa". Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik (PMR) yakni suatu pendekatan yang menyatukan persepsi matematika, mekanisme pembelajaran matematika peserta didik dan metode pengajaran matematika. Hal ini dikarenakan Pembelajaran Matematika Realistik membolehkan peserta didik terlibat secara langsung dalam menggapai pembelajaran matematika dan mengaitkannya ke dalam kesibukan sehari-hari, sehingga dapat menaikkan kemampuan peserta didik dalam menafsirkan materi matematika. Sesuai dengan pendapat Sumira et al. (2022) mendeskripsikan bahwa "Pendidikan Matematika Realistik yakni aktivitas manusia yang berpautan dengan realita". Hal ini seirama dengan pendapat Wismayani et al. (2023) yang mendeskripsikan "Pendidikan Matematika Realistik yakni suatu pendekatan pengajaran matematika yang memautkan pembelajaran dengan kesibukan sehari-hari, mengaitkan dengan pengalaman anak serta bermakna untuk masyarakat, mengimplementasikan persoalan dunia nyata berlandaskan tantangan yang dihadapi peserta didik sebagai permulaan dalam pembelajaran matematika".

Riset terdahulu berhasil dilangsungkan oleh Kadek Suryati dan I Gege Adnyyana mengenai Pendekatan Pendidikan Matematika berbantuan media *GeoGebra* yang berjudul "Pendidikan Matematika Realistik berbantuan Media *GeoGebra* untuk menaikkan Hasil Belajar Geometri Ditinjau dari Kemampuan Spasial". *GeoGebra* yakni salah satu media pembelajaran yang dapat mengakomodasikan dalam pembelajaran matematika. Pada materi Menyederhanakan Bentuk Aljabar *software GeoGebra* dapat diaplikasikan untuk memudahkan pengajar dalam pembelajaran matematika. *GeoGebra* yakni pilihan yang cocok untuk menyajikan berbagai jenis objek matematika dikarenakan *GeoGebra* yakni perangkat lunak geometri yang memudahkan dalam pembuatan titik, garis dan bentuk lengkung apapun (Suryati & Adnyana, 2022). Maka dari itu, *GeoGebra* yakni perangkat lunak yang berfungsi sebagai alat pembelajaran, eksplorasi dan visualisasi matematika. Aplikasi *GeoGebra* menyediakan berbagai fitur yang membolehkan pengguna untuk mempelajari dan menjelajahi persepsi matematika. Dengan fitur-fitur ini dapat mengakomodasikan menaikkan penafsiran peserta didik dalam pembelajaran matematika. Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh Pendekatan Matematika Realistik berbantuan *GeoGebra* terhadap kemampuan berpikir komputasi peserta didik kelas VIII SMP Negeri 4 Tanjungbalai.

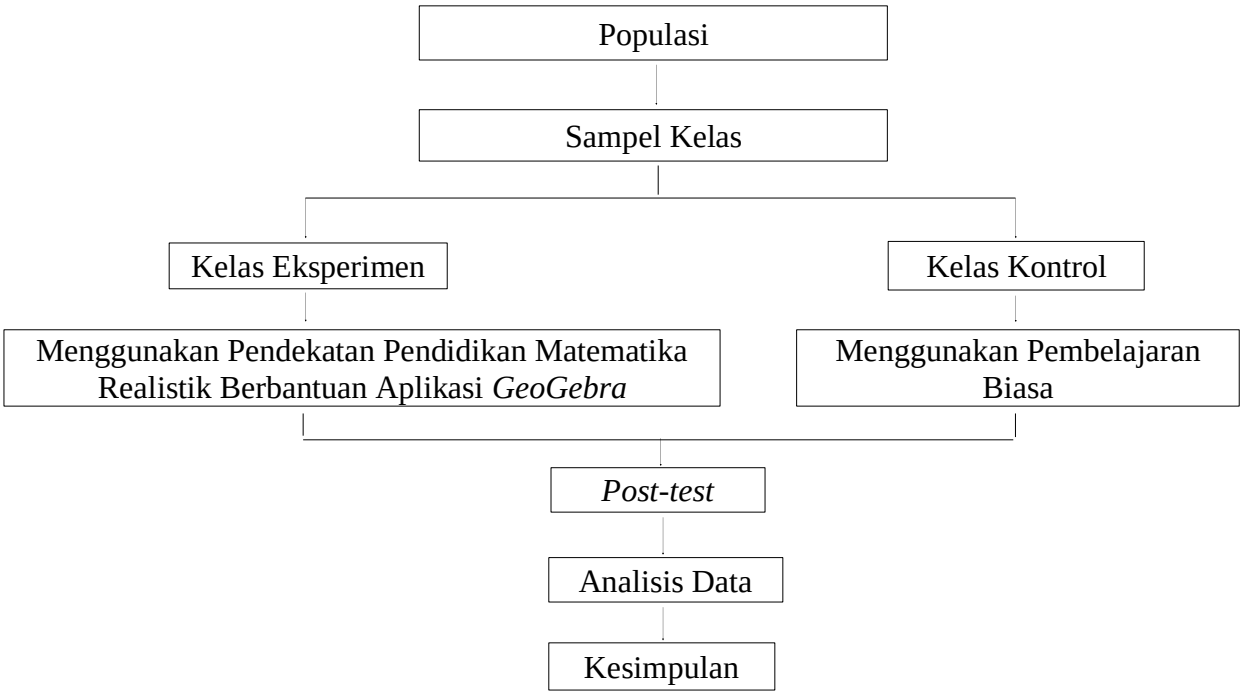
METODE PENELITIAN

Jenis riset ini yakni *quasi experiment* (eksperimen semu), dengan *Post-test Only Control Group Design*. Pada desain riset ini terkandung dua kelompok selama riset ini berjalan, pada kelompokpertama diberikan perlakuan (X_1) dan kelompok kedua tidak diberi perlakuan (X_2). Kelompok yang diberi perlakuan disebut kelas eksperimen dan kelas yang tidak diberi perlakuan disebut kelas kontrol. Dimana, pada kelas eksperimen diberikan perlakukan dengan memakai pendekatan Pendidikan Matematika Realistik berbantuan Aplikasi *GeoGebra*, sedangkan pada kelas

kontrol diberikan pengajaran dengan pembelajaran konvensional. Kemampuan berpikir komputasi peserta didik dapat diukur sesudah adanya perlakuan yaitu dengan dilangsungkannya tes akhir (*post-test*). Soal *post-tes* pada kedua kelas yang diberikan sama dari segi jumlah dan lama pengerjaan soal. Desain riset yang diaplikasikan mengacu pada (Sugiyono, 2013) dengan T_2 merupakan pemberian tes akhir (*Posttest),* X_1 adalah perlakuan terhadap kelas eksperimen dan X_2 adalah perlakuan terhadap kelas kontrol yang dapat dilihat pada tabel 1 dan perosedur penelitian gambar 1.

Tabel 1. Desain Penelitian

Kelas	Perlakuan	*Post-test*
Eksperimen	X_1	T_2
Kontrol	X_2	T_2



Gambar 1. Prosedur Penelitian

Setelah memberikan perlakuan pada sampel kelas, maka salah satu syarat analisis data yang harus dipenuhi agar uji t dapat diaplikasikan yakni sebaran data harus berdistribusi normal dan homogen. Menurut (Nuryadi et al., 2017) Uji normalitas yakni suatu prosedur yang diaplikasikan untuk mendeskripsikan apakah data berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Uji normalitas data dapat dilangsungkan dengan uji Liliefors (Lo). Uji homogenitas pada riset ini dilangsungkan dengan uji F dengan persamaan 1 (Usmadi, 2020).

$$F = \frac{varians\ terbesar}{varians\ terkecil} \quad (1)$$

Dimana tolak H_o jika $F_{Hitung} \geq F_{tabel}$ dengan taraf signifikasi $\alpha = 0{,}05$. Kemudian dilakukan uji hipotesis dengan kriteria pengujian yakni tolak H_0 jika $t_{hit} > t_{(1-\alpha)}$, dimana $t_{(1-\alpha)}$ didapat dari tabel distribusi t pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ dengan derajat kebebasan $d_k = (n_1 + n_2 - 2)$. *Effect size* ditakar untuk memeriksa besar dampak yang diterbitkan dari diterapkannya Pendekatan Matematika Realistik berbantuan *GeoGebra* terhadap kemampuan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

berpikir komputasi peserta didik dalam menuntaskan dan menanggulangi masalah khususnya dalam pembelajaran matematika. Mengukur *effect size* uji-t memakai persamaan *Cohen't d* (Widyastuti & Airlanda, 2021). Berdasarkan Izzah et al. (2021), interpretasi *effect size* dikategorikan sebagai berikut: nilai effect size (d) antara 0 hingga 0,2 dikategorikan kecil, nilai antara 0,2 hingga 0,8 dikategorikan sedang, dan nilai d lebih dari atau sama dengan 0,8 dikategorikan besar.

$$d = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{gab}} \text{ dimana, } S_{gab} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2}} \quad (2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Postest dilangsungkan setelah melangsungkan pembelajaran pada ruang eksperimen dan ruang kontrol. Soal yang diberikan kepada peserta didik tersebut terdiri dari tiga soal berwujud *essay test* yang dimana setiap soal mencantum penanda dari keterampilan berpikir komputasi. Adapun hasil data *posttest* diaplikasikan untuk pemeriksaan hipotesis pada hasil riset.

Tabel 2. Data Posttest Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Statistik	Eksperimen	Kontrol
N	31	31
Jumlah Nilai ($\sum x$)	2764,52	2493,21
Rata-Rata ($\bar{x}$)	89,18	80,43
Standart Deviasi (s)	5,73	6,91
Varians (s^2)	32,81	47,74
Maksimum	95,83	89,58
Minimum	81,25	68,75

Berdasarkan tabel 2, menginstruksikan data perhitungan hasil *posttest* keterampilan berpikir komputasi pada ruang eksperimen dan ruang kontrol. Dari data di atas memunculkan adanya perbedaan statistik perolehan nilai oleh kedua ruang. Ditinjau dari nilai maksimum dan minimum dari kedua ruang, maka pada ruang eksperimen menggapai nilai maksimum senilai 95,83 dan nilai minimum senilai 81,25. Sedangkan pada ruang kontrol menggapai nilai maksimum senilai 89,58 dan nilai minimum senilai 68,75. Hal ini menginstruksikan bahwa nilai maksimum dan nilai minimum pada ruang eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan ruang kontrol.

Dengan mengukur data konsentrasi hasil post test terlihat nilai rata-rata pada ruang eksperimen senilai 89,18 dan pada ruang kontrol senilai 80,43. Dari nilai rata-rata tersebut tampak bahwa nilai rata-rata pada ruang eksperimen lebih tinggi dibandingkan nilai rata-rata pada ruang kontrol. Artinya kemampuan berpikir komputasi pada ruang eksperimen lebih besar dibandingkan dengan kemampuan berpikir komputasi pada ruang kontrol. Dilihat dari nilai simpangan baku dan variansnya, maka ruang eksperimen memegang nilai simpangan baku senilai 5,73 dan nilai varians senilai 32,81. Sedangkan ruang kendali memegang nilai standar deviasi senilai 6,91 dan nilai varians senilai 47,74. Artinya kesenjangan nilai *post-test* di ruang kontrol semakin tinggi dan beraneka.

Salah satu syarat analisis data yang harus dipenuhi agar uji t dapat diaplikasikan yakni sebaran data harus berdistribusi normal. Untuk menguji normal atau tidaknya data, dilangsungkan dengan memakai uji Liliefors (Lo). Berlandaskan hasil uji normalitas pada posttest yang dilangsungkan di ruang eksperimen, diperoleh $L_{hitung} = 0{,}137$. Karena $L_{hitung} < L_{tabel} = 0{,}159$, maka dapat dirangkum bahwa data posttest pada ruang eksperimen berdistribusi normal. Selanjutnya data posttest pada ruang kontrol diperoleh $L_{hitung}(0{,}107) < L_{tabel}\ (0{,}159)$, yang berarti data posttest pada ruang kontrol berdistribusi normal. Berlandaskan data tersebut dapat dirangkum bahwa data pottest pada

ruang eksperimen maupun ruang kontrol berdistribusi normal dan kesimpulan bahwa $|F(Z_i) - S(Z_i)|$ terbesar < Nilai Tabel Kritis Liliefors, maka data dinyatakan normal (H_0 diterima).

Uji homogenitas pada riset ini dilangsungkan dengan uji F dengan patokan pemeriksaan, jika $F_{Hitung} \geq F_{tabel}$ maka Tolak H_o (sampel tidak homogen), jika $F_{Hitung} < F_{tabel}$ maka Terima H_0 (sampel homogen) dan taraf signifikan $\alpha = 0{,}05$. Berlandaskan hasil uji homogenitas diperoleh nilai F_{hitung} sebesar 1,445 dan $F_{tabel} = 1{,}841$. Berdasarkan data tersebut terlihat bahwa data kedua sampel memiliki $F_{hitung} < F_{tabel}$ yaitu $1{,}445 < 1{,}841$ yang berarti H_0 diterima. Dengan kata lain, sampel diambil dari populasi yang homogen artinya setiap sampel memiliki varians yang sama. Setelah mengetahui bahwa data dalam riset ini berdistribusi normal dan homogen, maka selanjutnya dilangsungkan uji hipotesis dengan menggunkan uji-t dengan patokan pemeriksaan yakni tolak H_0 jika $t_{hit} > t_{(1-\alpha)}$, dimana $t_{(1-\alpha)}$ didapat dari tabel distribusi t pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ dengan derajat kebebasan $d_k = (n_1 + n_2 - 2)$. Berikut akan dipaparkan hasil perhitungan uji hipotesis:

Tabel 4. Hasil Uji-t (*Independent sample Test*)

	Kelas	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Kemampuan Berpikir Komputasi	Kelas Eksperimen	31	89.1781	5.72759	1.02871
	Kelas Kontrol	31	80.4261	6.90937	1.24096

Berlandaskan tabel 4.7 diperoleh bahwa rata-rata kemampuan berpikir komputasi peserta didik pada ruang eksperimen yaitu 89,1781 dan rata-rata kemampuan berpikir komputasi pada ruang kontrol yaitu 80,4261, sehingga $89{,}1781 > 80{,}4261$. Maka hipotesis statistika nya yaitu H_a; $\mu_1 > \mu_2$ yang berarti terkandung pengaruh pendekatan pendidikan matematika realistik dengan berbantuan aplikasi geogebra terhadap kemampuan berpikir komputasi peserta didik ruang VII SMP Negeri 4 Tanjungbalai.

Selain itu, pada riset ini juga memiliki perhitungan pada uji hipotesis. Dimana hasil perhitungan yang diperoleh $t_{hitung} = 5{,}430$. Sedangkan untuk t_{tabel} pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ dan $d_k = (n_1 + n_2 - 2) = 31 + 31 - 2 = 62 - 2 = 60$ yaitu senilai 1,671. Adapun patokan pengambilan keputusan pada *Independent Sample Test* dilangsungkan dengan membandingkan nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$ dan untuk nilai $t_{tabel} = 1{,}671.\ 5{,}430 > 1{,}671$ sehingga H_a diterima dan H_0 ditolak. Hal ini sesuai dengan rumusan masalah ”Apakah terkandung pengaruh Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik dengan berbantuan aplikasi geogebra terhadap kemampuan berpikir komputasi peserta didik ruang VIII SMP Negeri 4 Tanjungbalai?”, dimana pengaruh yang dimaksud pada riset ini yakni pengaruh yang positif. Dengan demikian dapat dirangkum bahwa “Terkandung pengaruh Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik dengan berbantuan aplikasi geogebra terhadap kemampuan berpikir komputasi peserta didik ruang VIII SMP Negeri 4 Tanjungbalai”.

Untuk menghitung besar pengaruh Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik dengan berbantuan aplikasi geogebra terhadap kemampuan berpikir komputasi peserta didik dilangsungkan dengan analisis *Effect Size*. Dimana hasil yang diperoleh memakai rumus Cohen’s. Berlandaskan hasil perhitungan tersebut, diperoleh kesimpulan bahwa Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik dengan berbantuan aplikasi geogebra memberi pengaruh yang sangat besar terhadap kemampuan berpikir komputasi peserta didik di SMP Negeri 4 Tanjungbalai, yang besarnya yakni 1,379 yang termasuk dalam kategori besar.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Penelitian ini dilangsungkan di SMP Negeri 4 Tanjungbalai dengan tujuan untuk mengetahui apakah ada pengaruh dari pendekatan Pendidikan Matematika Realistik dengan berbantuan aplikasi geogebra terhadap kemampuan berpikir komputasi peserta didik. Sampel pada riset ini memakai dua ruang, yaitu ruang eksperimen dan ruang kontrol. ruang VIII-4 sebagai ruang eksperimen yang memakai memakai pendekatan Pendidikan Matematika Realistik dengan berbantuan aplikasi geogebra dengan jumlah peserta didik sebanyak 31 orang dan ruang VIII-3 sebagai ruang kontrol yang memakai model pembelajaran biasa dengan banyak peserta didik 31 orang. Pada riset ini memakai *posttest only control group design.*

Berlandaskan hasil pemeriksaan hipotesis yang telah dilangsungkan, diperoleh bahwa terkandung pengaruh dari pendekatan pendidikan matematika realistik dengan berbantuan aplikasi geogebra terhadap kemampuan berpikir komputasi peserta didik di SMP Negeri 4 Tanjungbalai. Saat dua ruang diberikan perlakuan yang berbeda, terlihat bahwa kemampuan berpikir komputasi di ruang eksperimen lebih tinggi dibandingkan ruang kontrol. Jika dilihat berlandaskan hasil statistik nilai posttest yang sudah diberikan di kedua ruang, maka dapat dilihat bahwa rata-rata nilai posttest pada ruang eksperimen lebih tinggi dari ruang kontrol. Pada ruang eksperimen memiliki nilai rata-rata 89,18 dan pada ruang kontrol memiliki nilai rata-rata 80,43.

Setelah mengetahui nilai rata-rata posttest, selanjutnya dilangsungkan analisis data untuk menguji hipotesis. Menguji hipotesis dilangsungkan dengan membandingkan nilai t_{hitung} dan t_{tabel}. Berlandaskan hasil pemeriksaan hipotesis diperoleh hasil dari $t_{hitung} = 5{,}430$ dan $t_{tabel} = 1{,}671$. Karena $t_{hitung} > t_{tabel}$, maka H_0 ditolak. Sehingga didapat suatu kesimpulan bahwa terkandung pengaruh pendekatan Pendidikan Matematika Realistik dengan berbantuan aplikasi Geogebra terhadap kemampuan berpikir komputasi peserta didik ruang VIII di SMP Negeri 4 Tanjungbalai. Setelah mengetahui bahwa terkandung pengaruh, maka selanjutnya menghitung berapa besar pengaruhnya. Untuk menghitung besar pengaruh, dilangsungkan dengan *effect size,* dan diperoleh perhitungan dari *effect size* dengan nilai $d = 1{,}379$ yang termasuk ke dalam kategori besar. Hal ini berarti pendekatan Pendidikan Matematika Realistik dengan berbantuan aplikasi Geogebra memiliki pengaruh yang besar. Hal ini berarti pendekatan Pendidikan Matematika Realistik berbantuan aplikasi geogebra memiliki pengaruh yang besar untuk menaikkan kemampuan berpikir komputasi peserta didik ruang VIII di SMP Negeri 4 Tanjungbalai.

Hasil ini diperkuat dengan riset (Surmilasari et al, 2024) yang berjudul ”Pengaruh Model Pembelajaran PMRI terhadap Kemampuan *Computational Thinking* pada Materi Bangun Ruang di Sekolah Dasar”. Pada riset ini memakai metode riset kuantitatif dengan jenis riset *True Eksperimen design* dan bentuk desain yang diaplikasikan yaitu *post-test only control grup design.* riset ini menggapai kesimpulan dari hasil analisis data uji hipotesis yaitu senilai 0,000, dimana $0{,}000 < 0{,}05$ yang artinya terkandung pengaruh pada pembelajaran memakai model PMRI terhadap kemampuan *Computational Thinking* peserta didik ruang V SD. Selanjutnya pada riset yang dilangsungkan oleh (Supiarmo et al, 2022) yang berjudul ”Implementasi Pembelajaran Matematika Realistik untuk Menaikkan Kemampuan Berpikir Komputasional Siswa”. Pada riset ini memakai metode riset eksperimen jenis *pretest-posttest control group design* yang mendeteksi kesimpulan bahwa penaikan kemampuan berpikir komputasional siswa pada ruang eksperimen lebih tinggi jika dibandingkan dengan ruang kontrol. Pada riset ini diperoleh skor *N-Gain* senilai 0,7 dengan kategori tinggi pada ruang eksperimen dan pada ruang kontrol diperoleh skor *N-Gain* senilai 0,5 dengan kategori sedang.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Adapun kendala yang dihadapi ketika melangsungkan riset yaitu kurang optimalnya penggunaan pendekatan Pendidikan Matematika Realistik dengan berbantuan aplikasi Geogebra pada ruang eksperimen. Hal ini dikarenakan peserta didik mengalami kesulitan untuk mengikuti tahapan dalam pembelajaran memakai pendekatan Pendidikan Matematika Realistik sehingga dibutuhkan waktu yang banyak untuk mengarahkan peserta didik tersebut. Berdasarkan penjelasan yang telah dipaparkan diatas, maka dapat dirangkum bahwa terkandung pengaruh pendekatan Pendidikan Matematika Realistik dengan berbantuan aplikasi Geogebra terhadap kemampuan berpikir komputasi peserta didik ruang VIII di SMP Negeri 4 Tanjungbalai.

KESIMPULAN

Berlandaskan hasil analisis data riset yang dilangsungkan mampu diringkas bahwa keterampilan berpikir komputasi siswa yang memakai pendekatan "Pengajaran Matematika Realistik" dengan aplikasi Geogebra lebih baik dibandingkan keterampilan berpikir komputasi siswa yang hanya memakai metode pembelajaran biasa. Hal ini terlihat dari rata-rata hasil post-test kedua ruang. Kelas eksperimen memegang nilai rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan ruang kontrol. Selanjutnya jika dilihat dari uji hipotesis yang dilangsungkan terlihat $t_{hitung} > t_{tabel}$ $(5{,}430 > 1{,}671)$ yang berarti terkandung pengaruh pendekatan matematika realistik bantuan Geogebra terhadap keterampilan berpikir komputasi ruang. Siswa VIII ditolak di SMP Negeri 4 Tanjungbalai $(H_0)\ ditolak$. Pendekatan realistik pembelajaran matematika memakai aplikasi Geogebra menyerahkan pengaruh terhadap keterampilan berpikir komputasi siswa ruang VIII SMP Negeri 4 Tanjungbalai senilai 1,379 yang termasuk dalam kategori pengaruh besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa penyusunan makalah ini tidak akan terwujud tanpa bantuan, bimbingan, dan dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua yang telah berkontribusi dalam penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih yang tulus disampaikan kepada orang tua tercinta, Muhammad Syukur Saragih dan Misdah, serta saudara Fazry Ihza Fahreza Saragih dan Aulianza Alfirzy Saragih, atas perhatian, doa, dukungan moral, serta pengorbanan yang telah diberikan selama masa studi. Penulis juga mengapresiasi pimpinan Universitas Negeri Medan dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

Adriani, Masrura, S. I., & Hakim, F. (2022). Pengaruh Kreativitas Belajar Dan Minat Belajar Matematika Terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa Kelas Xi Ipa Man 1 Polewali Mandar. *Sigma: Jurnal Pendidikan Matematika*, *14*(2), 130–139. https://doi.org/10.26618/sigma.v14i2.9292

Batul, F. A., Pambudi, D. S., & Prihandoko, A. C. (2022). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Model SSCS dengan Pendekatan RME dan Pengaruhnya Terhadap Kemampuan Berpikir Komputasional. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, *11*(2), 1282–1296. https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i2.5074

Cahdriyana, R. A., & Richardo, R. (2020). Berpikir Komputasi Dalam Pembelajaran Matematika. *Literasi*, *XI*(1), 33–35. http://dx.doi.org/10.21927/literasi.2020.11(1).50-56

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Izzah, N., Asrizal, Festiyed. (2021). Meta Analisis *Effect Size* Pengaruh Bahan Ajar IPA dan Fisika Berbasis STEM terhadap Hasil Belajar Siswa. Jurnal Pendidikan Fisika. 9(1), 114-132. http://dx.doi.org/10.24127/jpf.v9i1.3495

Nasution, A. U., Syahputra, E., & Ahyaningsih, F. (2022). Pengembangan Model Pembelajaran Berbasis Matematika Realistik Berbantuan Geogebra Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Peserta didik SMP Al Azhar Medan. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, *6*(2), 1623–1635. https://doi.org/10.31004/cendekia.v6i2.1379

Nuryadi, Astuti, T. D., Utami, E. S., & Budiantara, M. (2017). *Dasar-dasar Statistik Penelitian*.Yogyakarta. Gramasurya.

Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D. Bandung*. ALFABETA.

Sumira, Putri, S. R., & Sari, A. M. (2022). Efektivitas Pendekatan Realistic Mathematics Education (RME) suTerhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Kelas IV SD Negeri 10 Sitiung. *Caruban: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan Dasar*, *5*(1), 10–16. https://doi.org/10.33603/caruban.v5i1.5753

Supiarmo, M. G., Sholikin, N. W., Harmonika, S., & Gaffar, A. (2022). Implementasi Pembelajaran Matematika Realistik Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Komputasional Siswa. *Numeracy*, *9*(1), 1–13. https://doi.org/10.46244/numeracy.v9i1.1750

Surmilasarim, N., Tanzimah., & Ayu, I. R. (2024). Pengaruh Model Pembelajaran PMRI terhadap Kemampuan *Computational Thinking* pada Materi Bangun Ruang di Sekolah Dasar. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(1), 751-759. http://dx.doi.org/10.31004/edukatif.v6i1.6342

Suryati, K., & Adnyana, I. G. (2022). Pendidikan Matematika Realistik berbantuan Media Geogebra untuk Meningkatkan Hasil Belajar Geometri Ditinjau dari Kemampuan Spasial. *PENDIPA Journal of Science Education*, *6*(3), 658–663. https://doi.org/10.33369/pendipa.6.3.658-663

Usmadi. (2020). Pengujian Persyaratan Analisis (Uji Homogenitas Dan Uji Normalitas). *Inovasi Pendidikan*, *7*(1), 50–62. https://doi.org/10.31869/ip.v7i1.2281

Widyastuti, R. T., & Airlanda, G. S. (2021). Efektivitas Model Problem Based Learning terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, *5*(3), 1120–1129. https://journal.uii.ac.id/ajie/article/view/971

Wismayani, K., Arjudin, Kurniati, N., & Sarjana, K. (2023). Pengaruh Pendekatan RME (Realistic Mathematics Education) Terhadap Kemampuan Koneksi Matematis Siswa Kelas VIII MTs Al-Aziziyah Putri Kapek Gunungsari. *Griya Journal of Mathematics Education and Application*, *3*(1), 76–87. https://doi.org/10.29303/griya.v3i1.299

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Respon Positif Model Pembelajaran PMRI Berbasis Batak Toba Untuk Meningkatkan Kemampuan HOTS

Patri Janson Silaban[1*], Bornok Sinaga[2], Edi Syahputra[3]
[1]*Pendidikan Dasar, FKIP, Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia*
[2,3]*Pendidikan Matematika, Pascasarjana, Universitas Negeri Medan, Indonesia*
**Coresponding Author: patri.jason.silaban@gmail.com*

Abstrak, penelitian ini mengembangkan model Pendidikan Matematika Realistik Indonesia (PMRI) berbasis budaya Batak Toba untuk meningkatkan Higher Order Thinking Skills (HOTS) mahasiswa dalam perkuliahan matematika tingkat lanjut bagi calon guru SD. Penelitian dilakukan di PGSD FKIP Universitas Katolik Santo Thomas Medan pada semester genap Tahun Akademik 2022/2023, dengan subjek mahasiswa semester 3 Tahun Ajaran 2023/2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ini efektif meningkatkan keterlibatan dan pemahaman mahasiswa. Pada uji coba pertama, 87% mahasiswa merasa senang dengan pembelajaran, meningkat menjadi 93% pada uji coba kedua. Keberhasilan model didukung oleh metode pengajaran dosen, suasana kelas yang interaktif, serta materi berbasis budaya lokal. Selain itu, 95,2% dosen menilai bahwa komponen pembelajaran, seperti RPS dan media pembelajaran, sangat membantu proses pembelajaran. Model PMRI berbasis budaya Batak Toba terbukti valid, praktis, dan efektif, serta berpotensi meningkatkan kualitas pendidikan matematika di Indonesia melalui pendekatan interaktif dan kontekstual.
Kata kunci: PMRI, Batak Toba.

Abstract *This study develops an Indonesian Realistic Mathematics Education (PMRI) model based on Batak Toba culture to enhance Higher Order Thinking Skills (HOTS) among students in advanced mathematics courses for prospective elementary school teachers. The research was conducted at the PGSD FKIP Program, Universitas Katolik Santo Thomas Medan, during the even semester of the 2022/2023 academic year, with participants consisting of third-semester students in the 2023/2024 academic year. The findings indicate that this model effectively enhances student engagement and understanding. In the first trial, 87% of students reported a positive learning experience, which increased to 93% in the second trial. The success of the model is attributed to teaching methods, an interactive classroom environment, and culturally relevant instructional materials. Additionally, 95.2% of lecturers found that learning components, such as the Semester Learning Plan (RPS) and instructional media, significantly supported the learning process.The PMRI model based on Batak Toba culture has been proven valid, practical, and effective and has the potential to improve the quality of mathematics education in Indonesia through an interactive and contextual approach.and improve students' conceptual understanding through cultural integration.*
Keywords: *PMRI, Batak Toba.*

Citation : Silaban, P. J., Sinaga, B., & Syahputra, E. (2024). Respon Positif Model Pembelajaran PMRI Berbasis Batak Toba Untuk Meningkatkan Kemampuan HOTS. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 70 – x

PENDAHULUAN

Pendidikan matematika di Indonesia bertujuan untuk memahami konsep matematika, mengembangkan pola pikir logis dan kritis, serta meningkatkan kemampuan pemecahan masalah. Instruksi matematika yang efektif harus mengikuti teori pendidikan, seperti konstruktivisme, yang menekankan penggunaan masalah dunia nyata, diskusi kelompok, dan eksplorasi ide sebelum prosedur formal. Namun, hasil Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) dan Program for International Student Assessment (PISA) menunjukkan bahwa kinerja akademik

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

siswa Indonesia masih jauh dari ideal sejak 1999. Skor PISA Indonesia terus mengalami stagnasi atau bahkan penurunan, dengan skor matematika 386 pada PISA 2015 (peringkat 62 dari 70 negara) dan turun menjadi 379 pada PISA 2018 (peringkat 73 dari 79 negara). Skor ini jauh di bawah rata-rata OECD (489), menunjukkan lemahnya pemahaman dan penerapan konsep matematika dalam konteks dunia nyata (OECD, 2023).

Salah satu penyebab rendahnya pencapaian ini adalah sistem penilaian yang lebih menekankan hafalan dibanding pemahaman mendalam dan penerapan konsep dalam pemecahan masalah yang kompleks. TIMSS menyoroti kelebihan dan kekurangan kurikulum melalui penilaian konseptual dan pemecahan masalah, sedangkan PISA menilai kemampuan siswa dalam menerapkan matematika dalam konteks praktis (TIMSS & PIRLS International Study Center, 2023). Menurut Merta et al. (2017), kemampuan berpikir kritis dapat dikembangkan melalui lima strategi, yaitu menetapkan tujuan pembelajaran, menggunakan metode berbasis penyelidikan, berlatih, meninjau serta memperbaiki pemahaman, dan memberikan umpan balik. Kemampuan Higher Order Thinking Skills (HOTS) sangat penting dalam pendidikan matematika, terutama bagi calon guru sekolah dasar. Ketidakmampuan berpikir kritis dalam menyelesaikan masalah sering menjadi penyebab utama kesulitan mereka dalam memahami matematika. Bahkan dengan pemahaman teoretis, beberapa calon guru masih mengalami kesulitan dalam menyelesaikan soal berbasis narasi.

Penelitian di Program Pendidikan Guru Sekolah Dasar Universitas Katolik Santo Thomas menunjukkan bahwa kemampuan HOTS masih tergolong rendah. Hasil belajar calon guru sekolah dasar dalam mata kuliah pengajaran matematika lanjutan menunjukkan bahwa banyak calon guru masih menghadapi hambatan dalam memahami dan menerapkan konsep matematika dalam pemecahan masalah dunia nyata. Oleh karena itu, diperlukan strategi pembelajaran yang lebih efektif untuk meningkatkan kemampuan HOTS di kalangan calon pendidik.

Tabel 1. Nilai Ujian Tengah Semester Ganjil Tahun 2021/2022

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	65.00	32	94.1	94.1	94.1
	72.00	1	2.9	2.9	97.1
	80.00	1	2.9	2.9	100.0
	Total	34	100.0	100.0	

Model pembelajaran yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah Pendidikan Matematika Realistik Indonesia (PMRI), yang menghubungkan matematika dengan situasi dunia nyata untuk meningkatkan pemahaman siswa (Tandililing, 2010). PMRI menggunakan dua pendekatan utama, yaitu matematisasi horizontal—menerjemahkan masalah kontekstual ke dalam bentuk matematis, dan matematisasi vertikal—menggunakan konsep dan prosedur matematika untuk menyelesaikan masalah yang telah diformalkan. Pendekatan PMRI membantu calon guru sekolah dasar dalam menerapkan konsep matematika pada permasalahan nyata, sehingga meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa. Manfaat utama PMRI meliputi peningkatan pemahaman konsep, kemampuan pemecahan masalah, serta menjadikan matematika lebih relevan dan bermakna bagi siswa. Menurut Suherman (2003), pembelajaran matematika realistis dapat membuat matematika lebih menarik, fleksibel, dan praktis, serta membantu siswa menyelesaikan masalah tanpa bergantung pada algoritma.

Penelitian ini juga mengintegrasikan pendekatan berbasis budaya dalam mendukung model pembelajaran. Rahmawati (2015) menekankan pentingnya pendidikan dalam melestarikan nilai-nilai lokal di tengah tantangan globalisasi. Oleh karena itu, studi ini berfokus pada budaya Batak Toba, yang memiliki sembilan nilai budaya utama, termasuk kekerabatan, solidaritas, dan penghormatan terhadap adat istiadat. Dalam struktur sosial Batak Toba, peran Hula-hula, Dongan Tubu, Boru, dan Raja Huta sangat penting dalam pengambilan keputusan dan pelaksanaan acara budaya. Dengan menggabungkan PMRI dan nilai-nilai budaya Batak Toba, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pemahaman matematika yang lebih kontekstual dan bermakna bagi siswa, sekaligus melestarikan kearifan lokal dalam pendidikan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dikategorikan sebagai penelitian pengembangan (Research and Development/R&D) yang bertujuan untuk membangun model pembelajaran, alat pembelajaran, serta instrumen pendukung yang valid, praktis, dan efektif. Menurut Richey dan Nelson (1996), penelitian pengembangan berfokus pada pengembangan produk dengan proses yang didefinisikan secara jelas serta dilakukan evaluasi terhadap hasil akhirnya. Dalam konteks ini, produk penelitian yang dikembangkan adalah Model Pendidikan Matematika Realistik Indonesia (PMRI) berbasis budaya Batak Toba, lengkap dengan perangkat pembelajaran seperti Rencana Pembelajaran Semester (RPS), Buku Panduan Dosen, Buku Panduan Siswa, Lembar Kegiatan Siswa, tes HOTS, serta instrumen penelitian yang diperlukan untuk menguji efektivitas model tersebut.

Subjek penelitian ini adalah mahasiswa calon guru SD semester 3 tahun ajaran 2023/2024, sementara objek penelitian adalah model pembelajaran PMRI berbasis budaya Batak Toba yang diterapkan pada materi Bangun Datar dengan fokus pada peningkatan Higher Order Thinking Skills (HOTS). Data yang diperoleh dianalisis untuk menentukan apakah model yang dikembangkan telah memenuhi syarat validitas, praktikalitas, dan efektivitas. Data dari para ahli dan praktisi digunakan untuk menilai validitas model dalam hal dasar teori dan konsistensi antar komponennya. Sementara itu, data dari uji coba lapangan di kelas digunakan untuk mengukur tingkat kepraktisan dan efektivitasnya dalam pembelajaran.

Analisis data dilakukan menggunakan metode statistik deskriptif, yang mencakup tabel frekuensi, tabulasi silang, serta berbagai ukuran statistik dasar seperti rata-rata, median, modus, dan varians. Selain itu, analisis terhadap respons mahasiswa dilakukan melalui angket/kuesioner yang mengukur tingkat ketertarikan, pemahaman, serta minat mereka terhadap model pembelajaran. Respons mahasiswa dikategorikan sebagai positif apabila mereka menyatakan bahwa pembelajaran menarik dan bermanfaat, sedangkan respons negatif menunjukkan ketidaktertarikan terhadap model yang diterapkan. Model pembelajaran ini dianggap efektif apabila minimal 80% dari mahasiswa yang mengikuti uji coba memberikan respons positif.

Efektivitas model PMRI berbasis budaya Batak Toba juga diukur berdasarkan beberapa indikator utama. Pertama, ketuntasan belajar secara klasikal, di mana minimal 80% mahasiswa harus mencapai skor rata-rata 4 dari dua kali tes HOTS. Kedua, pencapaian persentase waktu ideal aktivitas mahasiswa dan dosen dalam pembelajaran. Ketiga, kemampuan dosen dalam mengelola pembelajaran yang dinilai minimal dalam kategori cukup baik. Terakhir, minimal 80% mahasiswa dalam setiap uji coba harus memberikan respons positif terhadap model pembelajaran dan kegiatan yang diterapkan. Dengan demikian, penelitian ini berupaya membangun model pembelajaran yang berbasis budaya lokal dan dapat meningkatkan pemahaman matematika serta keterampilan berpikir tingkat tinggi bagi calon guru SD.

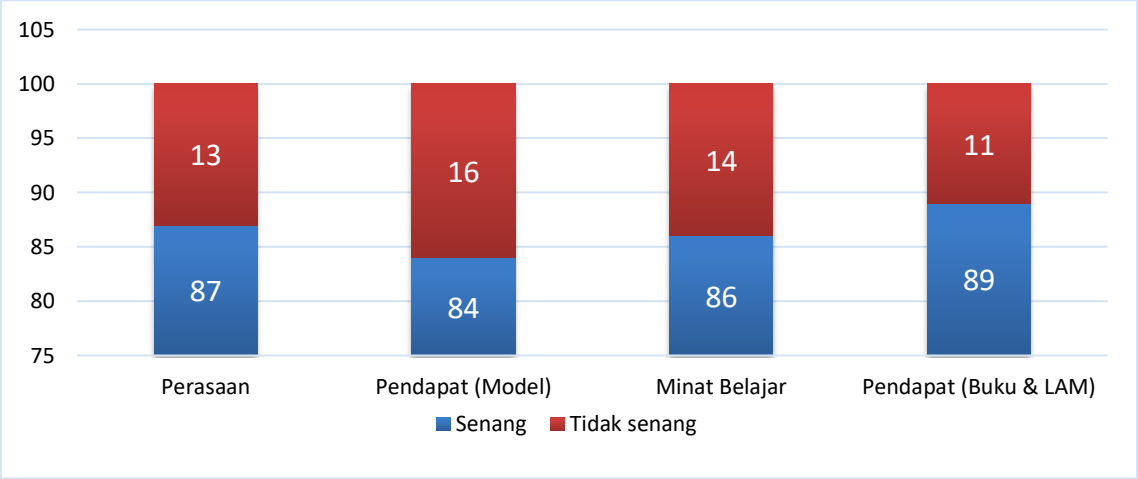
HASIL

Hasil Uji Coba 1

Tanggapan mahasiswa terhadap proses pembelajaran mencakup balasan positif dan negatif. Respon positif ditunjukkan melalui pernyataan dari mahasiswa yang mengungkapkan kebahagiaan, kebaruan, dan minat terhadap komponen dan aktivitas dalam proses pembelajaran. Respon negatif ditunjukkan oleh pernyataan dari mahasiswa yang mengungkapkan ketidakpuasan, kurangnya kebaruan, dan ketidakminatan terhadap komponen dan aktivitas dalam proses pembelajaran. Data tentang jawaban mahasiswa terhadap komponen dan aktivitas proses pembelajaran ditunjukkan pada gambar 1. Alasan mahasiswa melaporkan kesenangan atau ketidakpuasan terhadap komponen dan aktivitas pembelajaran sangat beragam. Mayoritas mahasiswa memberikan respons positif terhadap Model Pembelajaran PMRI berbasis Budaya Batak Toba. Dari 35 mahasiswa, 13 mahasiswa merasa model ini membantu mereka lebih memahami materi, sementara 5 mahasiswa menilai konsep lebih mudah diingat, dan 4 mahasiswa menganggapnya lebih praktis. Selain itu, beberapa mahasiswa menyatakan bahwa pembelajaran ini lebih menyenangkan (3 mahasiswa), mengaktifkan mereka dalam proses belajar (3 mahasiswa), serta menumbuhkan minat belajar (3

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

mahasiswa). Model ini juga dianggap lebih konkret (2 mahasiswa) dan menumbuhkan kemandirian (2 mahasiswa). Secara keseluruhan, model ini terbukti meningkatkan pemahaman, kemudahan belajar, serta motivasi dan kemandirian mahasiswa, menjadikannya metode pembelajaran yang efektif dalam konteks matematika berbasis budaya.



Gambar 1. Persentase Respon Mahasiswa Terhadap Komponen dan Kegiatan Pembelajaran

Mahasiswa memberikan berbagai komentar terkait kebaruan Model PMRI berbasis Budaya Batak Toba. Sebanyak 11 mahasiswa menyatakan bahwa pendekatan pembelajaran ini berbeda dari yang biasa mereka alami. 7 mahasiswa merasa penasaran dengan langkah-langkah pembelajaran, sehingga semakin bersemangat dalam mengikuti perkuliahan. Selain itu, 5 mahasiswa menganggap pembelajaran ini seru dan menantang, meskipun mereka juga merasa lelah karena harus mengikuti proses hingga akhir. Sebanyak 5 mahasiswa lainnya juga merasa tertantang dan penasaran dengan aktivitas pembelajaran yang dilakukan. Beberapa mahasiswa menyoroti aspek refleksi pembelajaran, di mana 3 mahasiswa merasa bahwa metode ini berbeda karena mereka diminta untuk menyimpulkan pembelajaran secara mandiri. Sementara itu, 4 mahasiswa mengapresiasi aspek kerja kelompok dan presentasi hasil kerja yang membuat pembelajaran lebih menyenangkan.

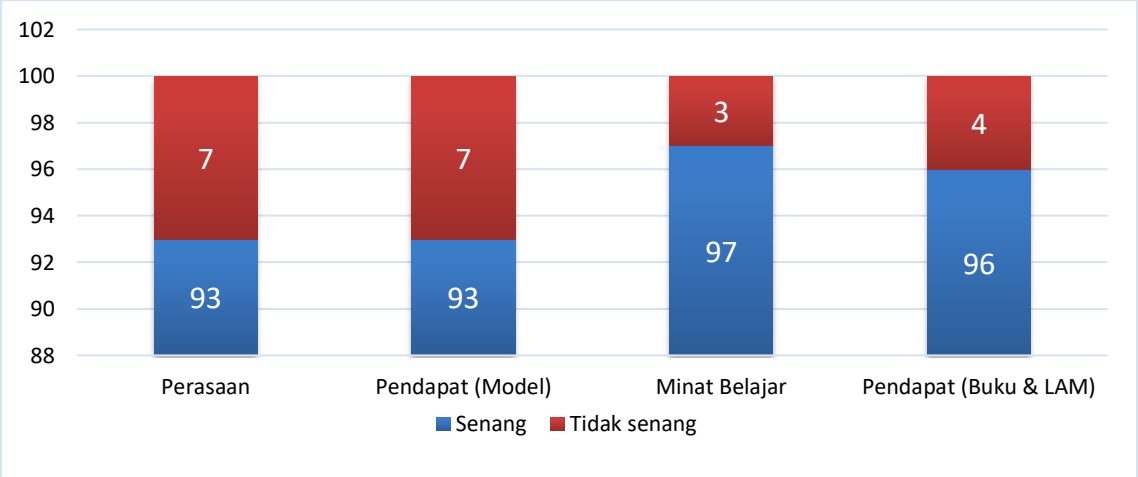
Sementara itu, komentar mahasiswa terkait minat mereka terhadap Model PMRI berbasis Budaya Batak Toba. Sebanyak 9 mahasiswa menilai bahwa metode diskusi kelompok dengan pola interaksi yang diterapkan dalam perkuliahan membuat mereka lebih terlibat dalam pembelajaran. Selain itu, 5 mahasiswa mengapresiasi kebebasan yang diberikan dosen dalam berinteraksi, serta 4 mahasiswa merasa bahwa keterlibatan mereka meningkat karena diminta langsung untuk memecahkan masalah. Beberapa mahasiswa membandingkan metode ini dengan pembelajaran sebelumnya, di mana 2 mahasiswa mengungkapkan bahwa sebelumnya dosen hanya menyampaikan materi secara satu arah. Penilaian juga menjadi perhatian, dengan 3 mahasiswa merasa bahwa penilaian dalam model ini lebih beragam, tidak hanya berbasis tes, tetapi juga kegiatan yang dijalani. Selain itu, 5 mahasiswa menilai bahwa metode ini memperkuat kerja sama dalam kelompok, memberikan kesempatan untuk menyampaikan pendapat, serta membuat perkuliahan lebih menarik dan tidak membosankan.

Alasan mahasiswa melaporkan bahwa komponen dan aktivitas pembelajaran baik yang baru maupun yang tidak baru sangat beragam. Temuan dari rekap komentar mahasiswa disajikan sebagai berikut, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel. Selain komentar yang positif dan baru mengenai komponen dan aktivitas pembelajaran, semua mahasiswa menunjukkan antusiasme dalam

berpartisipasi dalam pembelajaran berbasis pengalaman. Alasan anak-anak menunjukkan minat adalah karena mereka memiliki lebih banyak informasi melalui percakapan dengan struktur interaksi sosial yang mendorong representasi dan pemecahan masalah. Para mahasiswa mengungkapkan kebahagiaan mereka dengan kuliah-kuliah tersebut karena ada pertukaran solusi yang saling menguntungkan terhadap kesulitan yang dihadapi dalam proses pembelajaran. Melalui paradigma Pembelajaran Pendidikan Matematika Realistik Berbasis Budaya Batak Toba, mahasiswa merasa siap untuk menjadi guru. Secara keseluruhan, analisis tanggapan mahasiswa adalah sebagai berikut: (1) Rata-rata 87% mahasiswa menyatakan menikmati komponen dan aktivitas pembelajaran; (2) 84% mahasiswa menyatakan bahwa komponen dan aktivitas pembelajaran masih baru; (3) 86% mahasiswa menyatakan minat untuk berpartisipasi dalam pembelajaran matematika tingkat dasar yang menggunakan model Pendidikan Matematika Realistik Indonesia berbasis Budaya Batak Toba; dan (4) 89% mahasiswa menyatakan minat terhadap penampilan buku panduan mahasiswa, lembar aktivitas mahasiswa, gambar, langkah-langkah kegiatan kuliah, dan proses pembelajaran. Jika hasil ini merujuk pada kriteria yang ditetapkan, dapat disimpulkan bahwa respons mahasiswa terhadap komponen dan aktivitas pembelajaran yang menggunakan model Pendidikan Matematika Realistik Berbasis Budaya Batak Toba adalah positif.

Hasil Ujicoba 2

Tanggapan mahasiswa terhadap pembelajaran mencakup baik tanggapan positif maupun negatif. Reaksi positif ditentukan dari pernyataan yang dibuat oleh mahasiswa yang menunjukkan kebahagiaan, kebaruan, dan minat terhadap komponen dan aktivitas dalam proses pembelajaran. Tanggapan negatif ditemukan dari pernyataan yang dibuat oleh mahasiswa yang menunjukkan ketidakpuasan, kurangnya kebaruan, dan ketidakminatan terhadap komponen dan aktivitas dalam proses pembelajaran. Hasil analisis data mengenai tanggapan mahasiswa terhadap komponen dan aktivitas pembelajaran ditunjukkan dalam tabel 9 berikut.



Gambar 2. Persentase Respon Mahasiswa Terhadap Komponendan Kegiatan Pembelajaran

Banyak faktor berbeda yang berkontribusi pada tingkat kepuasan atau ketidakpuasan mahasiswa terhadap berbagai aspek pengalaman pendidikan mereka. Respons mahasiswa terhadap Model Pembelajaran PMRI berbasis Budaya Batak Toba menunjukkan bahwa mayoritas mahasiswa merasa lebih memahami materi setelah mengikuti pembelajaran, dengan 15 mahasiswa menyatakan demikian. Selain itu, 7 mahasiswa menganggap model ini membuat konsep lebih mudah diingat,

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

sementara 8 mahasiswa merasa pembelajaran menjadi lebih menyenangkan. Beberapa mahasiswa juga menyoroti aspek praktikalitas, dengan 1 mahasiswa menyatakan pembelajaran ini lebih praktis, lebih konkret, serta dapat menumbuhkan minat belajar, mengaktifkan, dan meningkatkan kemandirian mereka dalam memahami konsep matematika.

Sementara itu, komentar mahasiswa mengenai kebaruan Model PMRI berbasis Budaya Batak Toba. Sebanyak 7 mahasiswa menilai bahwa pendekatan pembelajaran ini berbeda dari metode yang biasa mereka alami, serta merasa penasaran dengan langkah-langkah pembelajaran, yang membuat mereka lebih bersemangat mengikuti perkuliahan. Selain itu, 4 mahasiswa merasa bahwa pembelajaran ini seru dan menantang, meskipun ada rasa lelah karena mereka harus terus mengikuti prosesnya hingga akhir. Sebanyak 3 mahasiswa mengungkapkan ketertarikan mereka terhadap aktivitas pembelajaran yang menantang, sementara 2 mahasiswa menyoroti perbedaan dalam refleksi pembelajaran, di mana mereka diminta untuk menyimpulkan materi secara mandiri. Menariknya, 12 mahasiswa mengapresiasi kerja kelompok dan presentasi hasil kerja sebagai bagian dari pembelajaran yang menyenangkan.

Lebih lanjut, komentar mahasiswa terkait minat mereka terhadap Model PMRI berbasis Budaya Batak Toba. Sebanyak 11 mahasiswa menilai bahwa metode diskusi kelompok dengan pola interaksi yang diterapkan membuat perkuliahan lebih menarik dan meningkatkan keterlibatan mereka. Selain itu, 5 mahasiswa mengapresiasi kebebasan yang diberikan dosen dalam berinteraksi, serta 5 mahasiswa lainnya merasa lebih terlibat karena mereka ditantang untuk memecahkan masalah dengan ide mereka sendiri. Sementara itu, 8 mahasiswa menyatakan bahwa diskusi pemecahan masalah dalam pembelajaran ini membuat perkuliahan menjadi lebih menarik dan tidak membosankan. Tidak ada mahasiswa yang memberikan komentar mengenai penilaian berbasis aktivitas kuliah atau kerja sama dalam kelompok, yang menunjukkan bahwa aspek tersebut belum sepenuhnya menjadi perhatian mereka. Secara keseluruhan, model ini berhasil meningkatkan keterlibatan dan minat mahasiswa dalam pembelajaran matematika.

Selain komentar yang positif dan baru mengenai komponen dan aktivitas pembelajaran, semua mahasiswa menunjukkan antusiasme dalam berpartisipasi dalam pembelajaran pengalaman melalui praktik. Alasan mahasiswa menunjukkan minat adalah karena mereka memiliki pengalaman yang lebih besar dalam terlibat dalam pola interaksi sosial, terutama dalam representasi dan pemecahan masalah, yang akan menjadi bagian dari pengalaman mengajar mereka. Melalui diskusi pemecahan masalah, mahasiswa mendapatkan lebih banyak pengalaman dalam belajar. Melalui paradigma Pendidikan Matematika Realistik Indonesia yang berbasis pada budaya Batak Toba, mahasiswa merasa siap untuk menjadi guru.

Secara keseluruhan, hasil analisis data respons mahasiswa adalah sebagai berikut: (1) Rata-rata 93% mahasiswa menyatakan kebahagiaan terhadap komponen dan aktivitas pembelajaran; (2) 93% mahasiswa menyatakan bahwa komponen dan aktivitas pembelajaran masih baru; (3) 97% mahasiswa menyatakan minat untuk berpartisipasi dalam pembelajaran matematika sekolah dasar lanjutan dengan model Pendidikan Matematika Realistik Indonesia yang berbasis budaya Batak Toba; dan (4) 96% mahasiswa menyatakan minat terhadap tampilan Buku Panduan mahasiswa, Lembar Kegiatan mahasiswa, gambar, langkah-langkah aktivitas kuliah, dan proses pembelajaran. Jika hasil ini merujuk pada kriteria yang ditetapkan, dapat disimpulkan bahwa jawaban mahasiswa terhadap komponen dan aktivitas pembelajaran yang menggunakan Model Pendidikan Matematika Realistik Indonesia yang berbasis pada budaya Batak Toba adalah positif.

PEMBAHASAN

Penelitian ini didasarkan pada masalah rendahnya kualitas proses dan kemampuan HOTS (Higher Order Thinking Skills) mahasiswa dalam mata pelajaran matematika tingkat lanjut di Program Pendidikan Guru Sekolah Dasar, khususnya ketidakmampuan mahasiswa untuk menguasai konsep-konsep matematika untuk pengajaran dengan pemahaman yang lebih efektif. Sebenarnya, arah dari kuliah adalah menguasai sebanyak mungkin materi, dan kuliah berlangsung melalui proses transfer pengetahuan dalam bentuknya yang paling sempurna. Topik ini semakin mendapatkan perhatian sejalan dengan harapan pembelajaran abad ke-21, yang mengharapkan mahasiswa untuk mengembangkan keterampilan, salah satunya adalah Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi. (HOTS). HOTS sangat penting dalam pendidikan, terutama bagi mahasiswa calon guru, karena diyakini bahwa dengan keterampilan ini, mereka dapat menciptakan pengalaman belajar yang mengembangkan HOTS pada mahasiswa mereka. Kuliah yang saat ini berlangsung dalam Program Pendidikan Guru Sekolah Dasar menerapkan metode pembelajaran yang kurang sesuai dengan karakteristik dan tujuan pendidikan Matematika. Implementasi pembelajaran Matematika saat ini dalam perkuliahan belum mengadopsi pendekatan berbasis konstruktivisme dan belum mempertimbangkan aspek HOTS (Higher Order Thinking Skills) dalam proses pembelajaran Matematika, dalam upaya memberikan pengalaman ilmiah yang dapat mengembangkan kemampuan HOTS mahasiswa.

Upaya yang dilakukan untuk mengatasi masalah ini melibatkan pembangunan model Pendidikan Matematika Realistik Indonesia yang berbasis pada budaya Batak Toba yang memenuhi kriteria validitas, praktikalitas, dan efektivitas. Metodologi ini dibuat agar para profesor tidak menyajikan materi kepada mahasiswa dalam bentuk akhir. Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik Indonesia yang berbasis pada budaya Batak Toba ini akan menjadi panduan bagi para pengajar untuk membantu mahasiswa memperkuat Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi mereka. (HOTS). Berikut ini akan membahas dan menganalisis pencapaian tujuan penelitian berdasarkan kesimpulan yang diambil dari analisis data, serta mengatasi kelemahan penelitian berdasarkan masalah dalam desain, proses, dan hasil pengembangan model Pendidikan Matematika Realistik Indonesia berbasis Budaya Batak Toba, beserta cara untuk mengakomodasi atau menghilangkan kelemahan tersebut.

Respon mahasiswa pada data respon mahasiswa ujicoba 1 terhadap pembelajaran, baik positif maupun negatif, dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti materi pelajaran, buku pegangan, lembar aktivitas, suasana kelas, dan cara dosen mengajar. Berdasarkan data respon mahasiswa, mayoritas mahasiswa menunjukkan respon positif terhadap komponen dan kegiatan pembelajaran, dengan persentase rerata 87% yang merasa senang. Secara spesifik, 91% mahasiswa menyatakan senang dengan cara dosen mengajar, dan 89% menyukai suasana belajar di kelas. Hal ini sesuai dengan prinsip pembelajaran yang menekankan keterlibatan aktif mahasiswa dalam proses pembelajaran, yang meningkatkan minat dan pemahaman mereka terhadap materi. Pada data respon mahasiswa mengungkapkan bahwa banyak mahasiswa merasa lebih mudah memahami materi dan lebih tertarik pada penampilan buku pegangan dan lembar aktivitas. Respon positif ini mungkin terkait dengan penerapan model pembelajaran Pendidikan Matematika Realistik Indonesia Berbasis Budaya Batak Toba, yang mengintegrasikan konteks budaya lokal untuk membuat pembelajaran lebih relevan dan menarik.

Pada ujicoba kedua, persentase mahasiswa yang menunjukkan respon positif terhadap komponen dan kegiatan pembelajaran meningkat menjadi 93%. Pencapaian tertinggi terlihat pada

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

aspek cara dosen mengajar, dengan 97% mahasiswa merasa puas. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan yang digunakan dalam pengajaran, termasuk pemanfaatan budaya Batak Toba, memiliki dampak positif terhadap minat mahasiswa. Pada data respon mahasiswa menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa merasa lebih memahami materi, dan pembelajaran menjadi lebih menyenangkan dan konkret. Hal ini konsisten dengan penelitian yang menunjukkan bahwa penerapan konteks budaya lokal dalam pembelajaran dapat membantu memperkuat pemahaman siswa, karena materi pembelajaran menjadi lebih dekat dengan pengalaman dan kehidupan sehari-hari mereka.

Model Pembelajaran Pendidikan Matematika Realistik Indonesia Berbasis Budaya Batak Toba yang diterapkan dalam penelitian ini mengintegrasikan budaya lokal sebagai bagian dari strategi pembelajaran. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip pembelajaran kontekstual, yang berfokus pada penghubungan materi pembelajaran dengan kehidupan nyata siswa. Menurut teori pembelajaran kontekstual (Contextual Teaching and Learning - CTL), pembelajaran yang mengaitkan materi dengan pengalaman sehari-hari siswa dapat meningkatkan pemahaman dan minat mereka terhadap materi tersebut (Johnson, 2008). Dalam hal ini, budaya Batak Toba memberikan konteks yang relevan dan bermakna bagi mahasiswa, menjadikan pembelajaran lebih hidup dan mudah dipahami. Penelitian oleh De Lange (1996) tentang Realistic Mathematics Education (RME) juga mendukung pendekatan ini. RME menekankan bahwa pembelajaran matematika yang efektif harus dimulai dari masalah yang dekat dengan kehidupan sehari-hari siswa, yang kemudian dikembangkan menjadi konsep-konsep matematika formal. Dalam hal ini, menggunakan unsur budaya Batak Toba sebagai konteks masalah matematika memberikan kedekatan emosional dan kognitif bagi mahasiswa, yang akhirnya meningkatkan pemahaman mereka terhadap materi yang diajarkan.

Sebagian besar mahasiswa menunjukkan bahwa mereka merasa lebih terlibat dan senang dengan diskusi kelompok dan pola interaksi sosial yang diterapkan dalam model pembelajaran ini. Hal ini sejalan dengan teori sosial-konstruktivisme yang dikembangkan oleh Vygotsky (1978). Vygotsky berargumen bahwa pembelajaran yang terjadi dalam interaksi sosial memungkinkan siswa untuk membangun pengetahuan secara lebih bermakna melalui kolaborasi dengan teman sejawat dan guru. Dalam penelitian ini, mahasiswa diberikan kesempatan untuk berdiskusi, saling memberikan solusi, dan memecahkan masalah bersama, yang tidak hanya memperdalam pemahaman mereka, tetapi juga mengembangkan keterampilan sosial dan kemandirian. Penelitian oleh Johnson (1999) juga menunjukkan bahwa pembelajaran kolaboratif dapat meningkatkan kualitas pembelajaran, terutama dalam hal pemahaman konseptual dan pengembangan keterampilan berpikir kritis. Ini juga sejalan dengan komentar mahasiswa yang merasa pembelajaran menjadi lebih menyenangkan, interaktif, dan menantang.

Sebagian besar mahasiswa merasa tertarik dengan penampilan buku pegangan dan lembar aktivitas mahasiswa, serta menyatakan bahwa mereka dapat memahami bahasa yang digunakan dalam materi tersebut. Penggunaan media yang menarik, jelas, dan mudah dipahami telah terbukti meningkatkan efektivitas pembelajaran. Hal ini mendukung teori Mayer (2001) tentang prinsip multimedia, yang menyatakan bahwa pembelajaran yang menggunakan kombinasi teks, gambar, dan ilustrasi secara efektif dapat meningkatkan pemahaman dan retensi informasi. Dalam penelitian ini, penggunaan buku dan lembar aktivitas yang dirancang dengan ilustrasi dan bahasa yang sesuai dengan konteks budaya Batak Toba dapat membantu mahasiswa lebih mudah mengerti materi matematika yang diajarkan. Oleh karena itu, penggunaan media yang tepat sesuai dengan konteks

budaya dan karakteristik pembelajar sangat penting untuk menciptakan lingkungan belajar yang efektif.

Model Pembelajaran Pendidikan Matematika Realistik Indonesia Berbasis Budaya Batak Toba yang diterapkan dalam penelitian ini sejalan dengan prinsip-prinsip yang terkandung dalam pendekatan RME (Realistic Mathematics Education). Seperti yang dijelaskan oleh Freudenthal (1991), RME berfokus pada pengembangan matematika melalui kegiatan yang berkaitan dengan dunia nyata siswa. Penerapan budaya lokal dalam pembelajaran matematika memberikan konteks yang lebih berarti bagi siswa, membuat pembelajaran menjadi lebih relevan dan bermakna. Lebih lanjut, penelitian oleh Gravemeijer (1994) menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran matematika yang berhubungan dengan konteks lokal dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Dalam hal ini, penerapan budaya Batak Toba sebagai konteks dalam pembelajaran matematika memungkinkan mahasiswa untuk melihat keterkaitan antara budaya dan matematika, yang membuat pembelajaran tidak hanya lebih menarik tetapi juga lebih mendalam.

Sebagian besar mahasiswa menunjukkan minat yang tinggi untuk mengikuti pembelajaran selanjutnya, serta merasa lebih siap untuk menjadi guru setelah mengikuti model pembelajaran ini. Hal ini berhubungan dengan teori motivasi yang dikemukakan oleh Deci dan Ryan (2000) melalui Self-Determination Theory (SDT), yang menyatakan bahwa motivasi intrinsik dapat ditingkatkan ketika siswa merasa memiliki kontrol atas proses pembelajaran mereka dan dapat menghubungkan pembelajaran dengan tujuan pribadi mereka. Dalam hal ini, mahasiswa merasa lebih diberdayakan dalam proses pembelajaran, baik melalui interaksi sosial, pemberian solusi terhadap masalah, maupun kesempatan untuk menyimpulkan pembelajaran secara mandiri. Selain itu, pembelajaran yang mengedepankan kolaborasi dan pengembangan kemandirian, seperti yang diterapkan dalam model ini, sejalan dengan teori pendidikan yang menekankan pentingnya pengembangan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kolaborasi, dan kemandirian (Saavedra dan Opfer, 2012). Dengan demikian, mahasiswa tidak hanya belajar materi matematika, tetapi juga mengembangkan kompetensi yang diperlukan dalam profesi mereka sebagai calon guru.

Secara keseluruhan, model pembelajaran Pendidikan Matematika Realistik Indonesia Berbasis Budaya Batak Toba terbukti efektif dalam meningkatkan respon positif mahasiswa terhadap pembelajaran. Penerapan konteks budaya lokal, interaksi sosial yang aktif, dan penggunaan media pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik mahasiswa dapat meningkatkan pemahaman, minat, dan motivasi mahasiswa dalam belajar. Penelitian ini juga mendukung teori-teori yang menunjukkan bahwa pembelajaran yang kontekstual, kolaboratif, dan berbasis budaya dapat memperkaya pengalaman belajar siswa dan mempersiapkan mereka untuk menjadi pengajar yang lebih baik.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa model Pembelajaran Pendidikan Matematika Realistik Indonesia berbasis Budaya Batak Toba efektif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran matematika tingkat lanjut. Pendekatan ini berhasil mengatasi rendahnya keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) mahasiswa dan meningkatkan keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ini memadukan prinsip konstruktivisme, teori pembelajaran kontekstual, dan nilai-nilai budaya lokal, sehingga pembelajaran menjadi lebih relevan, menarik, dan bermakna bagi mahasiswa. Respon positif mahasiswa meningkat signifikan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dari 87% pada ujicoba pertama menjadi 93% pada ujicoba kedua, mencerminkan pengaruh positif dari metode pengajaran dan penggunaan media pembelajaran berbasis budaya. Dengan integrasi budaya lokal, interaksi sosial yang aktif, dan desain materi yang kontekstual, model ini tidak hanya memperkuat pemahaman konsep matematika mahasiswa tetapi juga mempersiapkan mereka untuk menjadi pendidik yang kompeten dan mampu menghadirkan pengalaman belajar berkualitas bagi siswa mereka di masa depan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dapat juga disampaikan kepada pihak-pihak program studi Pendidikan Dasar Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas negeri Medan dan Universitas katolik Santo Thomas sebagai tempat penelitian yang membantu pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. Psychological Inquiry, 11(4), 227–268.

De Lange, J. (1996). Using and applying mathematics in education. International Handbook of Mathematics Education, 49, 49–97.

Freudenthal, H. (1991). Revisiting Mathematics Education: China Lectures. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Gravemeijer, K. (1994). Developing realistic mathematics education. Freudenthal Institute.

Johnson, D. W. (1999). Cooperative learning and social interdependence theory. In R. M. Gillies & A. F. Ashman (Eds.), Cooperative learning: The social and intellectual outcomes of learning in groups (pp. 28–49). Routledge.

Johnson, D. W. (2008). Reaching out: Interpersonal effectiveness and self-actualization (10th ed.). Pearson Education.

Mayer, R. E. (2001). Multimedia Learning. Cambridge: Cambridge University Press.

Merta, I. K., Suardana, I. W., & Sudiatmika, A. A. I. A. R. (2017). Pengaruh model pembelajaran berbasis masalah terhadap hasil belajar IPA siswa kelas IV SD. Jurnal Pendidikan Indonesia, 6(2), 125–134.

OECD. (2023). Education at a glance 2023: OECD indicators. OECD Publishing.

Rahmawati, Y. (2015). Developing students’ critical thinking skills through project-based learning in chemistry. Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 4(1), 21–26.

Richey, R. C., & Nelson, W. A. (1996). Developmental research: Past, present, and future. Educational Technology Research and Development, 44(3), 63–80.

Saavedra, A. R., & Opfer, V. D. (2012). Teaching and Learning 21st-Century Skills: Lessons from the Learning Sciences. New York: Rand Corporation.

Suherman, E. (2003). Strategi pembelajaran matematika kontemporer. Universitas Pendidikan Indonesia Press.

Tandililing, E. (2010). Pendidikan matematika realistik: Suatu alternatif pendekatan pembelajaran matematika. Jurnal Pendidikan Matematika, 4(1), 23–36.

TIMSS & PIRLS International Study Center. (2023). TIMSS 2023 assessment framework. Boston College.

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes. Cambridge: Harvard University Press.

Optimalisasi Pemahaman Konsep Matematis: Pengembangan Media E-Komik Digital Berbasis Pendekatan RME pada Siswa SMP PTPN IV Dolok Sinumbah

Ditya Khairani Limbong[1*], & Kms. Muhammad Amin Fauzi[2]
[1,2]*Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Indonesia*
***C**oresponding Author: dityalimbong14@gmail.com*

Abstrak, *Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan media E-Komik berbasis pendekatan RME pada pembelajaran matematika materi teorema Pythagoras. Metode yang digunakan adalah model ADDIE. Subjek penelitian adalah siswa kelas VIII-A SMP Swasta PTPN IV Dolok Sinumbah, dengan objek media E-Komik untuk meningkatkan pemahaman konsep matematis. Hasil penelitian menunjukkan: 1) Kevalidan media E-Komik memperoleh rata-rata 82,22% dan modul ajar 79,17%, keduanya sangat valid. 2) Kepraktisan media E-Komik dinilai sangat praktis oleh guru (95%) dan uji skala kecil (85,42%), serta praktis pada uji lapangan (84,7%). 3) Keefektifan E-Komik terbukti dengan: a) kemampuan guru mengelola pembelajaran mencapai 3,48 (baik), b) ketuntasan belajar klasikal 88,23%, c) respons siswa sangat positif 94,7%, d) indikator pembelajaran tercapai 85,29%, e) peningkatan pemahaman konsep matematis siswa, dengan rata-rata pretest 47,06 dan posttest 84,93, serta N-gain 0,71 (tinggi). Sehingga dapat disimpulkan media E-Komik berbasis pendekatan RME sangat valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep matematika pada materi teorema Pythagoras.*
***Kata kunci** : E-Komik; Pendekatan RME; Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis.*

***Abstract**, This study aims to evaluate the validity, practicality, and effectiveness of the E-Comics media based on the RME approach in mathematics learning on the Pythagorean theorem material. The method used is the ADDIE model. The research subjects are students of class VIII-A at PTPN IV Dolok Sinumbah Private Junior High School, with the object being E-Comics media to improve students' mathematical concept understanding. The research results show: 1) The validity of the E-Comics media obtained an average of 82.22% and the teaching module 79.17%, both classified as very valid. 2) The practicality of the E-Comics media was assessed as very practical by the teacher (95%) and in the small-scale test (85.42%), as well as practical in the field test (84.7%). 3) The effectiveness of the E-Comics media is proven by: a) the teacher's ability to manage the learning process reaching 3.48 (good), b) the classical learning completion rate of 88.23%, c) very positive student responses at 94.7%, d) learning indicators achieved at 85.29%, e) improvement in students' mathematical concept understanding, with the average pretest score of 47.06 and posttest score of 84.93, and an N-gain of 0.71 (high). Therefore, it can be concluded that the E-Comics media based on the RME approach is highly valid, practical, and effective in enhancing mathematical concept understanding on the Pythagorean theorem material.*
***Keywords**: E-Comics; RME Approach; Mathematical Concept Understanding Ability.*

Citation :Limbong, D. K., & Fauzi, M. A. (2024). Optimalisasi Pemahaman Konsep Matematis: Pengembangan Media E-Komik Digital Berbasis Pendekatan RME pada Siswa SMP PTPN IV Dolok Sinumbah. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 80 - 88

PENDAHULUAN

Matematika merupakan mata pelajaran inti di semua jenjang pendidikan karena peranannya yang sangat penting dalam dunia pendidikan (Rivai & Rahmat, 2023). Ilmu ini bersifat universal dan menjadi kunci dalam mengembangkan kemampuan berpikir manusia, mendukung kemajuan teknologi, serta berkontribusi dalam berbagai bidang ilmu lainnya. Menurut Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 59 Tahun 2014 tentang Pedoman Pelajaran

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Matematika, memahami konsep adalah salah satu tujuan utama dalam pembelajaran matematika (Septyarini et al., 2023).

Pemahaman terhadap konsep-konsep matematika sangat penting dimiliki siswa, karena menjadi dasar untuk mempelajari konsep-konsep yang lebih lanjut (Diana et al., 2020). Hal ini sejalan dengan pendapat Heriyaman (2022) yang menyatakan bahwa pemahaman konsep adalah aspek krusial dalam pembelajaran, karena memungkinkan siswa untuk mengembangkan keterampilan mereka. Pemahaman yang baik terhadap konsep akan mempermudah siswa dalam mengikuti pelajaran selanjutnya. Jika siswa menguasai suatu konsep dengan baik, mereka akan lebih mudah mengembangkan kemampuan matematika yang lebih kompleks (Kania, 2020). Menurut Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 58 Tahun 2014, Indikator pemahaman konsep matematika siswa mencakup beberapa aspek penting.

Menurut Irwan & Elniati (2021), pemahaman konsep ditunjukkan melalui kemampuan siswa dalam menyampaikan ulang konsep yang telah dipelajari, mengelompokkan objek berdasarkan kesamaan atau karakteristik tertentu, serta mengidentifikasi sifat-sifat operasi atau konsep yang dipelajari. Selain itu, siswa juga harus mampu memberikan contoh dan non-contoh dari suatu konsep, menggunakan konsep tersebut secara masuk akal dan terstruktur, serta menyampaikannya dalam berbagai representasi matematika, seperti tabel, grafik, diagram, ilustrasi, sketsa, dan model. Pemahaman konsep yang baik juga tercermin dalam kemampuan siswa mengaitkan konsep matematika dengan bidang lain serta penerapannya dalam kehidupan nyata, serta menentukan kondisi yang harus ada atau sudah cukup untuk suatu konsep.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti menggunakan empat indikator pemahaman konsep menurut Kilpatrick (2002:22) dalam Rahayu dan Pujiastuti (2018). Indikator pertama adalah kemampuan siswa dalam menyatakan kembali konsep yang telah dipelajari, yang menunjukkan sejauh mana mereka memahami dan dapat menjelaskan kembali suatu konsep dengan kata-kata mereka sendiri. Indikator kedua berkaitan dengan kemampuan mengklasifikasikan objek berdasarkan sifatnya sesuai dengan konsep yang telah dipelajari, sehingga siswa dapat membedakan dan mengelompokkan objek dengan tepat. Selanjutnya, indikator ketiga mencerminkan keterampilan dalam menyajikan konsep dalam berbagai bentuk representasi matematika, seperti tabel, grafik, diagram, gambar, sketsa, dan model, yang memungkinkan siswa untuk memahami konsep dari berbagai perspektif. Terakhir, indikator keempat menekankan pada penerapan konsep atau algoritma dalam menyelesaikan masalah, di mana siswa diharapkan mampu menggunakan konsep yang telah dipelajari untuk menemukan solusi yang tepat dalam berbagai situasi.

Namun faktanya, kemampuan pemahaman konsep matematis siswa SMP Swasta PTPN IV Dolok Sinumbah masih rendah, sebagaimana hasil tes diagnostik pada 13 November 2023 terkait teorema Pythagoras. Dari 20 siswa kelas IX, 40,90% (9 siswa) memperoleh nilai rendah, 13,63% (3 siswa) sangat rendah, 22,72% (5 siswa) cukup, 18,18% (4 siswa) tinggi, dan hanya 4,5% (1 siswa) sangat tinggi. Rendahnya pemahaman ini disebabkan oleh sifat matematika yang abstrak, kurangnya minat belajar, serta terbatasnya media pembelajaran menarik. Metode pengajaran masih didominasi ceramah dengan buku paket sebagai sumber utama. Guru menyadari bahwa siswa menyukai inovasi dalam pembelajaran. Oleh karena itu, diperlukan media dan metode yang lebih bervariasi, seperti penggunaan ilustrasi, guna meningkatkan minat serta pemahaman konsep matematis siswa.

Masalah ini memerlukan upaya untuk meningkatkan pemahaman konsep matematis, khususnya Teorema Pythagoras, diperlukan upaya membantu siswa mengatasi kesulitan mereka. Ariyanto et al. (2020) menyatakan bahwa rendahnya pemahaman matematika dapat diatasi dengan media berbasis

teknologi yang menarik minat siswa. Memahami konsep matematika bukan hal mudah, karena membutuhkan pemahaman mendalam serta dukungan pengajar, media pembelajaran, dan upaya mandiri siswa. Salah satu media yang menarik dalam perkembangan IPTEK adalah E-Komik, yang menyajikan materi secara interaktif, visual, dan naratif, sehingga lebih relevan bagi siswa SMP. Saputra (2020) menemukan bahwa komik matematika efektif meningkatkan pemahaman siswa secara signifikan. Selain media menarik, diperlukan metode pengajaran yang tepat. Pendekatan *Realistic Mathematics Education* (RME) dianggap efektif karena mengaitkan konsep matematika dengan kehidupan sehari-hari, sehingga memudahkan siswa dalam memahami materi.

Pendekatan *Realistic Mathematics Education* (RME) membantu siswa memahami konsep matematika dengan menghubungkannya ke kehidupan nyata. Menurut Mendrofa (2021), RME memungkinkan siswa merasakan dan membayangkan masalah serta solusinya dalam konteks kehidupan mereka. Pendekatan ini menjadikan pengalaman langsung sebagai titik awal pembelajaran, mendorong siswa berpikir kritis dalam menyelesaikan masalah yang mereka alami. RME memiliki lima karakteristik utama (Maisarah et al., 2021): 1) Menggunakan pengalaman sehari-hari sebagai dasar pembelajaran, 2) Mengubah realitas menjadi model matematika hingga mencapai bentuk formal, 3) Meningkatkan keaktifan siswa dalam belajar, 4) Melibatkan diskusi dan tanya jawab untuk membangun pemahaman, serta 5) Mengaitkan berbagai konsep secara terpadu agar pembelajaran lebih holistik. Keterbaharuan penelitian ini terletak pada pengembangan E-Komik berbasis RME sebagai media pembelajaran matematika yang inovatif. Berbeda dari penelitian sebelumnya yang hanya meneliti efektivitas komik atau RME secara terpisah, penelitian ini menggabungkan kedua pendekatan tersebut untuk menciptakan media interaktif, visual, dan naratif yang lebih menarik bagi siswa. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan solusi baru dalam meningkatkan pemahaman konsep matematis, khususnya pada materi Teorema Pythagoras, dengan pendekatan yang lebih kontekstual dan relevan bagi siswa SMP. Berdasarkan uraian di atas, peneliti tertarik untuk mengembangkan suatu produk yaitu media pembelajaran E-Komik dengan judul "Pengembangan Media E-Komik Berbasis Pendekatan RME untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa SMP Swasta PTPN IV Dolok Sinumbah"

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan *Research and Development* (R&D) menggunakan model pengembangan ADDIE, yang terdiri dari lima tahap: Analyze, Design, Developt, Implement, dan Evaluate (Cahyadi, 2019). Model ini dikembangkan oleh Dick dan Carey pada 1990-an untuk merancang sistem pembelajaran. ADDIE dipilih karena sistematis, sederhana, dan efektif, terutama dalam mengembangkan media E-Komik berbasis RME guna meningkatkan pemahaman konsep matematis siswa secara valid, praktis, dan efektif.

Penelitian ini dilaksanakan di SMP Swasta PTPN IV Dolok Sinumbah, Sumatera Utara, pada Semester Ganjil T.P. 2024/2025, dengan subjek penelitian 17 siswa kelas VIII A. Objek penelitian adalah penggunaan E-Komik berbasis RME untuk meningkatkan pemahaman konsep matematis pada Teorema Pythagoras. Instrumen penelitian mencakup validasi ahli (Modul Ajar, E-Komik, dan instrumen tes), angket kepraktisan (respon siswa dan guru), serta instrumen tes pretest dan posttest sesuai indikator pemahaman konsep matematis. Analisis data digunakan untuk mengukur validitas, kepraktisan, dan efektivitas media yang dikembangkan, serta peningkatan pemahaman siswa. Skala

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Likert dengan empat kategori (1) Sangat Tidak Baik, (2) Kurang Baik, (3) Baik, dan (4) Sangat Baik digunakan untuk menilai kevalidan E-Komik, Modul Ajar, serta respon siswa dan guru.

Analisis Data Kevalidan, ntuk mengetahui apakah instrumen mampu memberikan hasil yang sesuai dengan tujuan pengukuran dan tidak memberikan hasil yang menyimpang atau salah. Kevalidan modul ajar dan E-Komik dianalisis dengan langkah-langkah yang pertama Menentukan rata-rata nilai ahli per indikator menggunakan persamaan 1 dengan, P=persentase, $\sum f$=total skor didapat, dan N=skor maksimal.

$$P = \frac{\sum f}{N} \times 100\% \quad (1)$$

Menentukan tingkat kevalidan dengan kriteria, tidak valid (0-25%), kurang valid (26-50%), valid (51-75%), dan sangat valid (76-100%) (Sari & Mutaqin, 2023) dan media pembelajaran berbasis E-Komik dapat dikatakan valid dan layak apabila persentasi hasil angket minimal dalam kriteria "Valid". Kemudian untuk analisis kepraktisan media E-Komik bertujuan mengetahui respon guru dan siswa terkait kemudahan dan kepraktisan penggunaan perangkat pembelajaran. Kepraktisan dapat dianalisis dengan persamaan 2 dengan; $\sum p$=total skor perolehan kepraktisan, V_p=persentase kepraktisan, S_{Maks}=skor maksimum. Kepraktisan instrumen dikategorikan sebagai sangat praktis (85≤P<100), praktis (75≤P<85), cukup praktis (60≤P<75), kurang praktis (55≤P<60), dan tidak praktis (0≤P<55) (Sari & Mutaqin, 2023). Media E-Komik dikatakan praktis apabila persentasi hasil angket pada persentase minimal pada kriteria "Praktis". Pembelajaran matematika dikatakan efektif jika kemampuan guru dalam mengelola kelas minimal berada pada rentang pada kriteria "Baik".

$$V_p = \frac{\sum p}{S_{Maks}} \times 100\% \quad (2)$$

Dikatakan efektif jika terpenuhi, dengan syarat aspek ketuntasan harus dipenuhi diukur melalui kemampuan guru mengelola pembelajaran, ketercapaian ketuntasan belajar siswa, respon positif siswa dan peningkatan kemampuan pemahaman matematis siswa yang dinilai melalui *pretest* dan *posttest.* Kemampuan guru dalam mengelola pembelajara, penilaian ini dilakukan berdasarkan pengamatan observer terhadap guru pada pembelajaran di kelas. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kemahiran guru mengelola pembelajaran di kelas dengan media E-Komik berbasis pendekatan RME. Adapun rumus yang digunakan menggunakan persamaan 3 dengan kriteria yang digunakan adalah tidak baik untuk rentang 1,00≤KG<1,75, cukup baik untuk 1,75≤KG<2,50, baik untuk 2,50≤KG<3,25, dan sangat baik untuk 3,25≤KG<4,00.

$$\text{KG} = \frac{\text{jumlah nilai setiap aspek}}{\text{banyak aspek penilaian}} \quad (3)$$

Kemudian ketuntasan belajar klasikal yang menjadi acuan adalah Kriteria Keterampilan Minimal (KKM) yang ditentukan oleh sekolah, yaitu 70. Data siswa ketuntasan belajar siswa selanjutnya dilanjutkan penentuan presentasi ketuntasan belajar secara klasikal dengan persamaan 4 dan kelas dinyatakan mencapai ketuntasan belajar jika PKK terdapat ≥ 85% siswa yang memperoleh nilai ≥70 yang telah ditetapkan di sekolah (Panjaitan, 2020).

$$\text{PKK} = \frac{\text{jumlah siswa yang tuntas} \geq 70}{\text{jumlah semua siswa}} \times 100\% \quad (4)$$

Kriteria instrumen pada respon positif siswa menggunakan Skala Guttman yang memiliki jawaban "ya" dan "tidak" dengan skor "0" untuk menjawab "tidak" dan skor "1" untuk menjawab "ya". Angket respon positif siswa dapat dianalisis menggunakan persamaan 5 dengan kategori yang

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

digunakan adalah sangat positif (81%-100%), positif (61%-80%), kurang positif (41%-60%), tidak positif (21%-40%), dan sangat tidak positif (0%-20%). Keefektifan media berdasarkan respon positif siswa dikatakan positif jika jumlah siswa yang memilih positif berada pada rentang "Positif" (Siswono, 2019).

$$PRS = \frac{\sum JSM}{\sum JR} \times 100\% \quad (5)$$

Ketercapaian indikator pembelajaran terlihat dari hasil *posttest* dengan memastikan bahwa minimal 65% dari siswa mencapai minimal 75% dari tujuan pembelajaran yang ditetapkan (Hasratuddin, 2018). Persentase pencapaian diperoleh dengan membandingkan jumlah skor butir soal dan jumlah skor maksimal. Kemudian Untuk mengetahui peningkatan kemampuan pemahaman konsep matematis siswa sebelum dan sesudah pembelajaran menggunakan media E-Komik, maka dilakukan Uji *N-Gain*. Hake (1998) mendeskripsikan N-gain untuk menghitung *pretest* dan *posttest* menggunakan persamaan 6 dengan kriteria **tinggi** jika g≥0,7, **sedang** jika 0,3≤g<0,7, dan **rendah** jika g<0,3 (Hake dalam Filjinan et,al 2022).

$$g = \frac{S_{post} - S_{pre}}{S_{maks} - S_{pre}} \quad (6)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Analisis (Analyze)

Analisis kebutuhan di SMP Swasta PTPN IV Dolok Sinumbah dilakukan untuk mengidentifikasi kendala dalam pembelajaran, terutama dalam mengajarkan Teorema Pythagoras. Fokus utama analisis ini mencakup penggunaan media berbasis teknologi, efektivitas metode yang diterapkan, serta preferensi siswa terhadap pembelajaran inovatif. Guru menyatakan bahwa siswa lebih tertarik pada sesuatu yang baru, terutama media pembelajaran berbasis teknologi dengan gambar dan ilustrasi menarik. Oleh karena itu, solusi yang diusulkan adalah pengembangan E-Komik berbasis RME, yang dapat meningkatkan keterlibatan siswa dan pemahaman konsep matematis. Pembelajaran di kelas VIII menerapkan Kurikulum Merdeka, khususnya fase D, dengan capaian pembelajaran agar siswa mampu menunjukkan kebenaran Teorema Pythagoras dan menggunakannya dalam menyelesaikan masalah. Analisis karakteristik siswa menunjukkan bahwa mereka lebih mudah memahami materi melalui visualisasi, seperti teks bergambar dan video pembelajaran. Namun, buku paket yang tersedia kurang menyajikan ilustrasi yang menarik dan mudah dipahami. Oleh karena itu, pendekatan berbasis visual dan multimedia dianggap lebih efektif dalam membantu pemahaman konsep matematika siswa.

Tahap Perancangan (Design)

Media E-Komik disusun berdasarkan Kurikulum Merdeka di SMP Swasta PTPN IV Dolok Sinumbah dan hasil analisis sebelumnya. Media ini bertujuan mempermudah siswa memahami konsep matematika dalam kehidupan sehari-hari serta mengintegrasikan teknologi dalam pembelajaran. E-Komik berbasis RME dirancang menarik dengan warna cerah dan bahasa yang mudah dipahami guna meningkatkan pemahaman matematis siswa. Capaian pembelajaran dalam materi Teorema Pythagoras adalah siswa mampu menunjukkan kebenaran teorema dan menggunakannya dalam pemecahan masalah. Modul ajar dirancang untuk tiga pertemuan (2 × 40 menit per pertemuan). Instrumen validasi mencakup validasi modul ajar, media E-Komik, dan soal tes, yang dinilai oleh ahli media dan materi. Selain itu, angket kepraktisan digunakan untuk mengukur

efektivitas media berdasarkan respons siswa dan guru. Penyusunan soal tes melibatkan beberapa langkah: menentukan capaian pembelajaran, menetapkan tujuan, mengidentifikasi indikator pemahaman, menyusun kisi-kisi, menyusun soal, menyiapkan jawaban, dan membuat pedoman penilaian.

Tahap Pengembangan (Development)

Berdasarkan validasi yang dilakukan oleh tiga ahli, media E-Komik yang dikembangkan berada pada kriteria sangat valid dengan skor 82,22%. Sehingga media E-Komik telah dinyatakan layak untuk digunakan, dengan catatan revisi dilakukan sesuai saran dari para ahli. Kualitas modul ajar berdasarkan penilaian ahli menunjukkan persentase rata-rata 78,89% yang berda pada kriteria sangat valid. Dengan demikian, modul pembelajaran dinyatakan layak digunakan, dengan revisi sesuai saran para ahli.

Berdasarkan hasil validasi produk yang dikembangkan, maka diperoleh bahwa modul ajar dan media pada media E-Komik serta instrumen test dinyatakan layak pada aspek kevalidan. Sejalan dengan penelitian Septyarini et al (2023) bahwa untuk validasi menunjukkan bahwa komik digital berbasis cerita parable untuk meningkatkan pemahaman konsep matematis mendapat skor 46 (79,6%) dari ahli materi, masuk kategori "Valid," dan skor 31 (88,5%) dari ahli media, masuk kategori "Sangat Valid". Namun media E-Komik yang dikembangkan dalam kategori valid dan layak, tetapi masih perlu perbaikan sesuai saran dan komentar ahli uji coba. Sehingga saran dan komentar dari para ahli menyatakan media E-Komik valid, namun perlu dismpurnakan melalui revisi sebelum digunakan.

Tahap Implementasi (Implementation)

Pada tahap ini dilakukan uji coba skala kecil dan uji coba lapangan. Uji coba skala kecil dilakukan sebelum pada tahap uji coba lapangan. Uji coba skala kecil dilakukan pada siswa VIII-B yang terdiri dari 6 siswa dengan kategori 2 siswa berkemampuan tinggi, 2 siswa berkemampuan sedang dan 2 siswa berkemampuan rendah. Siswa-siswa tersebut dipilih berdasarkan saran dari guru matematika di kelas VIII-B. Aspek yang digunakan untuk mengukur kepraktisan media E-Komik adalah penyajian materi, media dan tampilan. Selanjutnya pada uji coba lapangan adalah uji yang dilakukan pada kelas yang sesungguhnya. Tahap ini dilakukan sebanyak lima pertemuan. Pertemuan pertama pemberian prestest; pertemuan dua tiga, dan empat dilakukan pembelajaran sesuai modul ajar dan pemberian media E-Komik berbasis pendekatan RME kepada siswa; serta pada pertemuan kelima, pemberian *posttest* pada siswa. Uji coba lapangan dilakukan kepada 17 siswa kelas VIII-A yang diberikan diakhir pertemuan saat penelitian.

Kepraktisan E-Komik berbasis pendekatan RME, berdasarkan angket respon siswa pada uji skala kecil yang melibatkan 6 siswa menunjukkan kepraktisan media E-Komik berbasis Pendekatan RME sebesar 85,42%, yang masuk dalam kategori sangat praktis. Sementara itu, pada uji lapangan yang melibatkan 17 siswa kelas VIII-A, media ini memperoleh rata-rata skor 84,71%, yang juga termasuk dalam kategori praktis. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa E-Komik berbasis Pendekatan RME dinyatakan praktis. Angket respon guru, yang diberikan kepada guru mata pelajaran matematika kelas VIII-A, menunjukkan hasil yang sangat positif. Berdasarkan analisis, respon guru terhadap media ini memperoleh persentase rata-rata 95%, yang termasuk dalam kriteria sangat praktis, dapat disimpulkan bahwa E-Komik berbasis Pendekatan RME memenuhi kriteria "praktis."

Keefektifan E-Komik berbasis pendekatan RME, data ketuntasan belajar siswa ketuntasan belajar klasikal dalam penelitian ini diukur melalui *pretest* dan *posttest* pemahaman konsep matematis

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dengan skor minimal 70. Berdasarkan persentase ketuntasan klasikal siswa, pada tahap pretest, sebanyak 2 siswa (11,76%) mencapai ketuntasan, sementara 15 siswa (88,23%) belum tuntas. Setelah dilakukan posttest, jumlah siswa yang tuntas meningkat menjadi 15 siswa (88,23%), sedangkan yang belum tuntas berkurang menjadi 2 siswa (11,76%) dari total 17 siswa. Selanjutnya perangkat pembelajaran dapat diukur keefektivitasannya berdasarkan ketercapaian indikator/ketuntasan tujuan pembelajaran yang dapat dilihat dari hasil *pretest* dan *posttest*.

Ketercapaian indikator/tujuan pembelajaran pada kemampuan pemahaman konsep matematis. Dari hasil indikator I yaitu menyatakan ulang konsep pada *pretest* belum tercapai yang diperoleh persentase 58,82% sedangkan setelah diberikan media E-Komik hasil *posttest* menjadi 91,18% yang artinya siswa sudah tercapai untuk menyatakan ulang konsep. Indikator II mengklasifikasikan objek-objek menurut sifat-sifat tertentu hasil *pretest* menunjukkan hasil 52,94% belum tercapai, dan setelah belajar dengan media E-Komik berbasis RME hasil *posttest* menunjukkan tercapai dengan persentase 88,24%. Selanjutnya indikator III menyajikan konsep dalam persentase matematis hasil *pretest* menunjukkan hasil 51,47% belum tercapai, dan setelah menggunakan media E-Komik berbasis RME hasil *posttest* menunjukkan tercapai dengan persentase 88,24%. Pada indikator IV menggunakan konsep atau algoritma dalam pemecahan masalah hasil *pretest* menunjukkan hasil 23,53% belum tercapai, dan setelah belajar dengan media E-Komik berbasis pendekatan RME hasil *posttest* menunjukkan tercapai dengan persentase 75%. Perolehan persentase rata-rataketercapaian indikator kemampuan pemahaman matematis siswa sebesar 85,29% dengan persentase rata-rata ketuntasan belajar individual 84,93. Dari masing-masing indikator terdapat peningkatan dari *pretest* ke *posttest*. Sehingga dapat dinyatakan bahwa ketercapaian indikator siswa telah tercapai/terpenuhi. Lebih rinci peningkatan kemampuan pemahaman konsep matematis siswa setiap indikator ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Peningkatan Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa Tiap Indikator

Indikator Pemahaman Konsep matematis	*Pretest*	*Posttest*	*N-Gain*	Kategori
Menyatakan Ulang Konsep.	2,35	3,65	0,79	Tinggi
Mengklasifikasikan objek-objek menurut sifat-sifat tertentu.	2,12	3,53	0,75	Tinggi
Menyajikan konsep dalam berbagai bentuk representasi matematis.	2,06	3,47	0,73	Tinggi
Menggunakan konsep atau algoritma dalam pemecahan masalah.	0,94	3,00	0,67	Sedang

Berdasarkan hasil tabel 1, diperoleh peningkatan pemahaman konsep matematis siswa yang dilihat dari nilai *pretest* dan *posttest* setiap indikator pemahaman konsep matematis. Peningkatan yang diperoleh dari indikator I sebesar 0,79 yang termasuk pada kategori tinggi, indikator II diperoleh sebesar 0,75 dan termasuk kategori tinggi. Untuk indikator III diperoleh peningkatan sebesar 0,73 yang termasuk dalam kategori tinggi, dan indikator IV diperoleh peningkatan sebesar 0,67 yang termasuk pada indikator sedang. Berdasarkan analisis N-Gain, sebanyak 12 siswa (70,58%) mencapai kategori tinggi, 4 siswa (23,53%) berada dalam kategori sedang, sementara 1 siswa (5,88%) masuk dalam kategori rendah. Dari total 17 siswa rata-rata N-Gain 0,71, hasil ini menunjukkan bahwa mayoritas mengalami peningkatan pemahaman yang signifikan. Dengan kata lain, hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan media tersebut berdampak positif terhadap pemahaman matematis siswa. Temuan ini senada dengan penelitian Andriani (2019) dengan hasil penelitian bahwa media E-komik efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep matematis siswa.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Tahap Evaluasi (Evaluation)

Tahap ini bertujuan untuk menganalisis dan menghasilkan produk akhir yang sesuai dengan kriteria yang diharapkan. Evaluasi dilakukan oleh ahli materi dan media pada tahap pengembangan sebelum penerapan media E-Komik, berdasarkan saran dari validator. Selanjutnya, evaluasi juga dilakukan setelah penerapan media E-Komik dalam pembelajaran melalui angket, untuk menilai efektivitas media E-Komik berbasis pendekatan RME.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa media E-Komik berbasis RME terbukti valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep matematis siswa pada materi Teorema Pythagoras. Dari segi validitas, media ini mendapat skor rata-rata tinggi dari ahli materi (78,89%), ahli media (82,22%), dan validasi modul ajar (79,17%). Kepraktisan media juga teruji dengan penilaian sangat tinggi dari guru (95,00%) serta siswa dalam uji coba skala kecil (85,42%) dan lapangan (84,7%). Dari segi efektivitas, media ini meningkatkan ketuntasan belajar klasikal hingga 88,23%, dengan peningkatan nilai rata-rata pretest (47,06) ke posttest (84,93) serta N-Gain sebesar 0,71, yang menunjukkan peningkatan pemahaman konsep matematis secara signifikan. Dengan demikian, media E-Komik berbasis RME layak digunakan sebagai media pembelajaran matematika.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua saya atas dukungan dan doa yang tiada henti. Terima kasih juga saya sampaikan kepada Dosen Pembimbing saya, Bapak Dr. Kms. Muhammad Amin Fauzi, M.Pd., atas bimbingan, arahan, dan bantuan yang sangat berarti dalam menyelesaikan penelitian ini. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam kelancaran penelitian ini, serta kepada SMP Swasta PTPN IV Dolok Sinumbah yang telah memberikan izin untuk pelaksanaan penelitian. Tak lupa, penghargaan saya sampaikan kepada tim prosiding jurusan Matematika Unimed yang telah menelaah dan mempublikasikan hasil penelitian saya.

DAFTAR PUSTAKA

Andriani, N. (2019). Penerapan Media Komik Digital terhadap Pemahaman Pembelajaran Matematis Siswa SMP. *Prosiding DPNPM Unindra*, 0812(50), 31–38.

Ariyanto, L., Rahmawati, N. D., & Haris, A. (2020). Pengembangan mobile learning game berbasis pendekatan kontekstual terhadap pemahaman konsep matematis siswa. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, *5*(1), 36-48. https://doi.org/10.26877/jipmat.v5i1.5478

Diana, P., Marethi, I., & Pamungkas, A. S. (2020). Kemampuan pemahaman konsep matematis siswa: ditinjau dari kategori kecemasan matematik. *SJME (Supremum Journal of Mathematics Education)*, *4*(1), 24-32. https://doi.org/10.35706/sjme.v4i1.2033

Heriyaman, H. (2022). Peningkatan Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis dengan Pembelajaran Model Snowball Throwing Berbantuan Alat Peraga Pada Masa Pandemi Covid-19. *JESA-Jurnal Edukasi Sebelas April*, *6*(1), 67-75. https://ejournal.lppmunsap.org/index.php/jesa/article/view/50

Hasratuddin. (2018). *Mengapa Harus Belajar Matematika?*. Medan: Penerbit Perdana Publishing.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Khulda Filjinan, S. (2022). *Pengembangan E-Komik Interaktif Untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Smp Pada Pembelajaran Ipa*. *5*(2), 125–129. https://doi.org/10.31764

Irwan, I., & Elniati, S. (2021). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Pendekatan Model Eliciting Activities (MEAS) Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematika. *Aksioma: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, *10*(4), 2351. https://doi.org/10.24127/ajpm.v10i4.4159

Kania, N., & Arifin, Z. (2020). Aplikasi Macromedia Flash untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematika Siswa. *JNPM (Jurnal Nasional Pendidikan Matematika)*, *4*(1), 96-109. Https://Doi.Org/10.33603/Jnpm.V4i1.2872

Latif, M. A., Chusnal Ainy, D., & Hidayatullah, A. (2020). *Pengembangan Bahan Ajar Berbentuk Komik Matematika Berbasis Android Dengan Pendekatan RME*. *6*(1), 44–52. https://doi.org/10.33474/jpm.v6i1.2969

Maisarah, M. P., Fauzi, K. M. A., & Matondang, Z. (2021). *Model Hands-On Mathematics dan RME Pada Kemampuan Pemahaman Relasional dan Mathematics Anxiety Anak Sekolah Dasar*. Jakad Media Publishing.

Mendrofa, R. E. W., Tarigan, D., Gultom, I., Mailani, E., & Purnomo, T. W. (2024). Pengaruh Model Pembelajaran Realistic Mathematics Education (RME) terhadap Hasil Belajar Siswa pada Materi Pecahan Kelas V SDN 101765 Bandar Setia. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, *8*(1), 5235-5248. https://doi.org/10.31004/jptam.v8i1.13188

Panjaitan, W. A., Simarmata, E. J., Sipayung, R., & Silaban, P. J. (2020). Upaya meningkatkan hasil belajar siswa menggunakan model pembelajaran Discovery Learning di sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, *4*(4), 1350-1357. https://doi.org/10.31004/basicedu.v4i4.549

Rahayu, Y., & Pujiastuti, H. (2018). Analisis Kemampuan Pemahaman Matematis Siswa Smp Pada Materi Himpunan: Study Kasus di SMP Negeri 1 Cibadak. *Symmetry: Pasundan Journal of Research in Mathematics Learning and Education*, *3*(2), 93-102. https://doi.org/10.23969/symmetry.v3i2.1284

RivaI, S., & Rahmat, A. (2023). Pelatihan Pembuatan Media Pembelajaran Matematika Untuk Pemahaman Konsep Dasar Matematika Bagi Mahasiswa Jurusan S1 Pendidikan Guru Sekolah Dasar. *Dikmas: Jurnal Pendidikan Masyarakat dan Pengabdian*, *3*(1), 57-68. http://dx.doi.org/10.37905/dikmas.3.1.57-68.2023

Saputra, A., & Azka, R. (2020). Pengembangan komik matematika untuk memfasilitasi kemampuan pemahaman konsep dan motivasi belajar siswa SMP. *Jurnal Pengembangan Pembelajaran Matematika*, *2*(2), 89-97. 10.14421/jppm.2020.022-06

Sari, N. R., & Mutaqin, A. (2023). Pengembangan Media Komik Berbasis RME (Realistic Mathematics Education) Pada Materi Aritmetika Sosial Untuk Meningkatkan Minat Dan Hasil Belajar Siswa SMP. *Wilangan: Jurnal Inovasi dan Riset Pendidikan Matematika*, *4*(4), 292-301. http://dx.doi.org/10.56704/jirpm.v4i4.21904

Siswono, T. Y. E. (2019). *Paradigma Penelitian Pendidikan Pengembangan Teori dan Aplikasi Pendidikan Matematika*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Revolusi Pembelajaran Matematika: Pengembangan E-Modul Interaktif dengan Model SAVI untuk Siswa SMP

Icha Novalia Purba[1]*, Yasifati Hia[2]

[1,2]*Pendidikan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Uniersitas Negeri Medan, Indonesia*

**Coresponding Author: ichapurbaa22@gmail.com*

Abstrak, Riset ini bermaksud untuk mengetahui kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan produk e-modul untuk memberi peningkatan peserta didik dalam memahami konsep matematika dengan memakai model pembelajaran SAVI yang dikembangkan terhadap proses pembelajaran matematika. Riset ini dilakukan di SMP Negeri 4 Tanjung Morawa pada semester ganjil T.A. 2024/2025. Metode riset yang dipakai adalah metode Penelitian dan Pengembangan (R&D) dengan model pengembangan ADDIE. Subjek pada riset ini adalah Peserta didik kelas VIII B dengan objek penelitian berupa e-modul matematika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk e-modul untuk memberi peningkatan dalam memahami konsep matematika dengan menggunakan model pembelajaran SAVI yang dikembangkan dinyatakan valid dengan nilai 92,2 % yang tergolong pada kategori layak, praktis dengan persentase angket respon guru 98,75% dan persentase angket respon Peserta didik 84,25 % yang keduanya tergolong pada kategori sangat praktis, dan peningkatan kemampuan pemahaman konsep berdasarkan nilai N-Gain sebesar 0,67 dengan kategori peningkatan sedang. Analisis data menggunakan uji kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan layak, praktis, dan efektif digunakan pada proses pembelajaran matematika serta mampu meningkatkan kemampuan pemahaman konsep matematika Peserta didik

Kata kunci: E-Modul ; Pemahaman Konsep Matematika ; SAVI

Abstract*, This research aims to determine the validity, practicality and effectiveness of e-module products to improve students' understanding of mathematical concepts by using the SAVI learning model which was developed for the mathematics learning process. This research was conducted at SMP Negeri 4 Tanjung Morawa in the odd semester of T.A. 2024/2025. The research method used is the Research and Development (R&D) method with the ADDIE development model. The subjects of this research are students in class VIII B with the research object being a mathematics e-module. The results of the research show that the e-module product to provide an increase in understanding mathematical concepts using the SAVI learning model developed was declared valid with a score of 92.2% which is classified as feasible, practical with a percentage of teacher response questionnaires of 98.75% and a percentage of response questionnaires. 84.25% of students were both classified in the very practical category, and the ability to understand concepts increased based on the N-Gain value of 0.67 in the moderate improvement category. Data analysis using validity, practicality and effectiveness tests shows that the e-module developed is feasible, practical and effective for use in the mathematics learning process and is able to improve students' ability to understand mathematical concepts.*

Keywords: *E-Module; Understanding Mathematical Concepts; SAVI*

Citation : Purba, I. N., & Hia, Y. (2024). Revolusi Pembelajaran Matematika: Pengembangan E-Modul Interaktif dengan Model SAVI untuk Siswa SMP. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 89 - 95

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan nilai yang melekat pada diri seseorang karena dalam proses kehidupan, pendidikan berperan dari awal hingga akhir kehidupan manusia. Artinya pendidikan akan selalu bersamaan dengan manusia dan juga sebaliknya. Arti penting dari pendidikan menjadikannya pada kebutuhan manusia tertinggi. Maka dari itu, pendidikan menjadi pengukur dari perkembangan dan peradaban (Yusuf, 2018: 7-9).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Tingkat pendidikan satu negara menyiratkan kemajuannya. Oleh karena itu, tidak mengherankan jika suatu negara menjadikan pendidikan menjadi masalah utama yang perlu diperbaiki (Yusuf, 2018). Di Indonesia juga, negara bertanggung jawab atas pendidikan, yang disebutkan dalam Pembukaan UUD 1945 untuk "Mencerdaskan Kehidupan Bangsa". Selain itu, banyak undang-undang dan peraturan yang mengatur pendidikan memasukkan amanat termuat. Dalam Undang-Undang nomor 20 tahun 2003 berkenaan sistem Pendidikan Nasional, tertatap maka pendidikan berusaha mengoptimalkan peluang setiap peserta didik. Pendidikan juga tentang bagaimana pendidikan itu dilaksanakan, apa saja yang harus dicapai (tujuan) dan bagaimana tata kerja para pendidik (Pelaksana). Didalam pendidikan terdapat beberapa ilmu yang memegang peranan penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan salah satunya yaitu Matematika.

Matematika merupakan bidang studi yang selalu ada di setiap jenjang yaitu mulai dari Sekolah Dasar hingga Sekolah Menengah Atas. Matematika dapat dikatakan sebagai dasar ilmu yang menjadi alat dalam mempelajari berbagai ilmu. Dikarenakan dalam mempelajari objek kajiannya, konsep matematika hampir digunakan setiap ilmu. Maka dapat menguasai matematika merupakan tujuan yang mutlak diperlukan (Fahrurrozi & Hamdi, 2017). Menurut BSNP, kemampuan memahami konsep matematika merupakan salah satu tujuan pembelajaran matematika (Wandini & Banurea, 2019).

Memahami konsep dalam belajar matematika adalah salah satu tujuan dari materi yang tersampaikan. Memahami setiap konsep matematika sangat penting dalam belajar matematika. Tentu saja setiap guru mengharapkan setiap peserta didik dapat memahami pemahaman konsep matematika. Karena hal ini ialah bagian yang paling penting dalam pembelajaran matematika. Sejalan dengan (Zulkardi, 2003), dalam proses pembelajaran matematika yang ditekankan ialah konsep. Berarti terlebih dahulu peserta didik sebaiknya harus paham terhadap konsep matematika sehingga soal-soal dapat diselesaikan, dan selanjutnya dapat diaplikasikan di kehidupan sehari-hari dan dapat mengembangkan kemampuan yang lain yang merupakan tujuan dari pembelajaran matematika (Yulianty, 2019).

Namun berdasarkan penelitian terdahulu menyatakan bahwasanya Peserta didik dalam kemampuan memahami pemahaman konsep masih tergolong rendah dan berdasarkan observasi yang dilakukan, dengan memberikan tes soal diagnostik berdasarkan indikator pemahaman konsep matematika, didapat rata rata skor dari hasil perolehan skor tes diagnostik yang dilakukan peneliti, ialah dengan nilai 36,40. Artinya berdasarkan tabel interpretasi, Peserta didik tergolong sangat rendah dalam kemampuan memahami pemahaman konsep.

Berdasarkan hasil wawancara bersama Peserta didik di kelas VIII B di SMP Negeri 4 Tanjung Morawa, bidan studi matematika merupakan pelajaran yang sulit untuk mereka pahami karena dalam pembelajaran matematika terdapat banyak rumus-rumus. Presepsi awal Peserta didik terhadap matematika masih kurang bagus. Sehingga Peserta didik masih menganggap bahwa matematika merupakan pembelajaran yang sulit. Dan berdasarkan jawaban dari soal diagnostik yang dilakukan, Peserta didik masih kurang dalam mengaitkan kalimat matematika yang ada pada soal dan Peserta didik belum tahu langkah mana yang dipilih dalam menyusun rencana. Yang mengakibatkan sulitnya peserta didik dalam memahami konsep matematika. Penyebab dari itu yaitu bahan ajar yang digunakan kurang tepat dengan kriteria peserta didik dan tujuan dalam pembelajaran (Surwandi *et al.,* 2023). Dalam observasi yang dilakukan, hasil yang didapat menunjukkan bahwa buku cetak merupakan bahan ajar yang digunakan. Maka peserta didik membutuhkan bahan ajar yang dapat digunakan dimana saja dan kapan saja. Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara yang telah

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dilaksanakan di SMP Negeri 4 Tanjung Morawa, Peserta didik juga mengatakan bahwa mereka belum mengenal *flipbook Digital*.

Dalam proses pembelajaran, tenaga pendidik sudah melaksanakan banyak cara ketika mengajar untuk memberikan fasilitas dalam memahami konsep matematika Peserta didik. Usaha yang digunakan, dengan metode ceramah dan ekspositori dan dengan memberi materi juga contoh soal. Guru belum pernah menerapkan model pembelajaran *SAVI* dalam proses pembelajaran.

Sehingga dalam kondisi itu, dibutuhkan adanya cara cara dalam belajar yang lebih efektif dan efisien dalam usaha memberikan fasilitas untuk konsep matematika Peserta didik. Usaha tersebut dapat berupa mengembangkan perangkat pembelajaran maupun memanfaatkan teknologi. Menerapkan model pembelajaran inovatif, merupakan usaha yang umum dilakukan. Banyak model pembelajaran inovatif yang berpotensi dan terbukti secara empiris dapat memfasilitasi pengembangan dalam memahami konsep matematika Peserta didik, model pembelajaran *SAVI (Somatic, Auditory, Visual, dan Intellectual)* adalah salah satunya. Secara umum, *SAVI* merupakan model pembelajaran yang mengombinasikan gerakan motorik (fisik), aktivitas intelek, dan mendayagunakan seluruh indra yang dimiliki oleh Peserta didik dalam rangka menyelesaikan permasalahan matematika.

E-modul adalah bahan ajar yang menggolaborasikan teks materi dengan pendukung lainnya seperti gambar, vidio, dan lainnya. *Software* yang digunakan dalam menerapkannya, mendukung kemudahan dalam menggunakan *e-modul*. Salah satunya ialah *flipbook Digital*. Dengan berdasarkan keempat karakteristik *SAVI*, diharapkan dapat memberi pengaruh positif dalam menciptakan pembelajaran pembelajaran matematika yang aktif sehingga Peserta didik dapat memahami konsep dari pelajaran. Pengembangan *E-modul* dengan *flipbook* yang berorientasi dan berpusat pada Peserta didik untuk belajar sehingga memfasilitasi peserta didik dalam memahami konsep matematika.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di SMP Negeri 4 Tanjung Morawa, Jalan Sultan Serdang,Psr V,Telaga Sari, Deli Serdang, Sumatera Utara. Riset ini dilakukan pada semester ganjil Tahun Ajaran 2024/2025. Dalam penelitian ini yang menjadi subjek adalah keseluruhan peserta didik kelas VIII SMP Negeri 4 Tanjung Morawa. Variabel dalam riset ini ialah pengembangan *e-modul* berdasarkan berdasarkan model Pembelajaran SAVI di kelas VIII SMP Negeri 4 Tanjung Morawa, Kualitas E-modul dilihat dari aspek Kevalidan, Kepraktisan, dan Keefektifan , Kemampuan pemahaman konsep setelah menggunakan E-modul di kelas VIII SMP Negeri 4 Tanjung Morawa. Desain penelitian yang dipakai adalah model pengembangan ADDIE. Penelitian ini menggunakan beberapa instrumen, yaitu instrumen validasi dosen ahli untuk mengetahui kevalidan media yang dikembangkan, instrumen lembar angket siswa dan guru untuk mengetahui kepraktisan media yang digunakan, dan soal pre-test dan post-test untuk mengetahui keefektivan media yang dikembangkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dan pengembangan ini menghasilkan *e-modul* untuk memberi peningkatan dalam memahami konsep matematika peserta didik kelas VIII menggunakan model pembelajaran *SAVI*. Dalam pelaksanasaan tahap evaluasi dilakukan kegiatan menilai setiap tahap-tahap kegiatan dan produk yang dibuat apakah sudah sesuai dengan spesifikasi atau belum. Di bawah ini akan dipaparkan kesesuaian setiap langkah dalam penelitian yang dilakukan.

Tahap Analisis merupakan tahap dimana melakukan kegiatan menganalisis situasi dalam lingkungan sekolah dan mendapatkan produk yang perlu dikembangkanberdasarkan yang telah

dijelaskan, hal yang ditemukan adalah sudah terlihat sesuai dengan spesifikasi atau langkah kerja yang diharapkan. Dapat juga dilihat dari hasil yang diperoleh selama proses penelitian. Dalam tahap analisis ini, dilakukan 5 analisis, yaitu validasi kesenjangan kinerja, Penetapan tujuan instruksional, dan analisis peserta didik, identifikasi sumber daya, dan Sistem pengantar potensial . Pada saat proses analisis, ditemukan bahwa pemanfaatan teknologi seperti komputer, perangkat lunak interaktif, dan sumber daya digital lainnya dalam pembelajaran masih belum terlaksana secara optimal. Kemudian dalam proses belajar, guru masih belum menggunakan media pembelajaran. Selanjutnya adalah Penetapan tujuan instruksional, berdasarkan data analisis kinerja diperoleh beberapa masalah yang terjadi sehingga dibutuhkan solusi yang harus diupayakan guna mengatasi permasalahan pada hasil kerja peserta didik maupun masalah lainnya selama proses pembelajaran. Solusi yang tepat adalah mengembangkan modul yang dipadukan dengan teknologi (*e-modul*) karena media ini cocok dijadikan sebagai alternatif sumber belajar baru yang mudah digunakan kapan dan dimana saja. Dalam analisis peserta didik, diketahui bahwa Berdasarkan tingkat kemampuan secara umum peserta didik juga masih kurang dalam mengaplikasikan konsep matematika dalam kehidupan sehari-hari. Selanjutnya sumber daya yang tersedia di SMP Negeri 4 Tanjung morawa yaitu buku kurikulum merdeka, sumber daya teknologi beripa *wifi, proyektor* dan perangkatnya, dan sumber daya manusia.

Tahap Desain dilakukan langkah untuk menyusun produk sesuai kebutuhan yang diperoleh pada tahap analisis yaitu perancangan modul ajar, penyusunan rancangan *e-modul,* penyusunan rancangan instrumen penelitian, dan penyusunan tes kemampuan pemahaman konsep matematika. Langkah-langkah pada tahap perancangan ini sudah sesuai dan mendapatkan hasil yang layak. Pada tahap perancangan ini juga sudah mendapatkan hasil yang diinginkan dengan pembuatan instrumen penelitian dan instrumen tes sesuai dengan tujuan penelitian.

Tahap pengembangan (development) merupakan tahap yang dilakukan sebagai proses mewujudkan segala sesuatu yang telah disusun pada tahap perancangan (design). Tahap ini bertujuan untuk meningkatkan dan memvalidasi sumber daya pembelajaran. Pada tahap ini dilakukan penggabungan komponen *e-modul*, dan mendapatkan Hasil dari validitas kepada dosen ahli sudah sesuai dan nilainya mendapat kategori yang valid. Hasil validasi terdiri dari validasi Modul Ajar, Media Pembelajaran Interaktif, Materi, *Pretest,* dan *Posttest*. Pada Tabel 1, dilihat bahwa modul ajar, materi, media pembelejaran, materi, tes pemahaman konsep matematika memperoleh nilai dan persentase kevalidan di kategori sangat valid. berarti perangkat pembelajaran yang disusun memenuhi kriteria layak untuk diujicobakan.

Tabel 1. Hasil Validasi Media yang dikembangkan

Aspek Penilaian	Rata-rata	Persentase (%)	Kategori
Modul Ajar	4,50	90	Sangat Valid
Materi	4,74	94,8	Sangat Valid
Media Pembelajaran	4,61	92,2	Sangat Valid
Soal tes	4,38	87,6	Sangat Valid

Tahap Implementasi merupakan tahap pelaksanaan pembelajaran yang telah dilakukan, langkah-langkah kegiatan dilaksanakan dengan baik. Pada tahap implementasi, diterapkan penggunaan *e-modul* menggunakan model pembelajaran SAVI kepada peserta didik. Pada pelaksanaan tahap ini, *e-modul* yang dikembangkan diuji terlebih dahulu pada tahap uji keterbacaan. Lalu, akan diterapkan pada uji coba lapangan sehingga diketahui kepraktisan dan keefektifan *e-modul* untuk pembelajaran. Berdasarkan hasil uji coba keterbacaan diperoleh bahwa peserta didik

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dapat memahami dengan jelas petunjuk dan maksud dari setiap kegiatan yangditampilkan dalam bahan ajar *e-modul* dan tes sehingga dapat dilaksanakan uji coba lapangan.

Hasil Kepraktisan Pada penelitian ini, *e-modul* dengan menggunakan model pembelajaran SAVI dikatakan praktis apabila pada angket respon guru dan peserta didik memperoleh hasil yang dapat memenuhi kriteria praktis yang telah ditetapkan. Berdasarkan hasil analisis data, diperoleh persentase kepraktisan untuk angket respon guru sebesar 98,75% dengan kategori sangat praktis. Selanjutnya, berdasarkan angket respon peserta didik diperoleh persentase kepraktisan sebesar 84,25% yang termasuk dalam kategori sangat praktis yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, berdasarkan kedua hasil tersebut, baik dari angket respon guru maupun peserta didik, disimpulkan bahwa *e-modul* dengan model pembelajaran SAVI sangat praktis digunakan dalam pembelajaran.

Hasil Keefektivan Pada uji coba *e-modul* dengan menggunakan model pembelajaran SAVI yang dikembangkan diperoleh hasi tes kemampuan akhir (*posttest*) dengan ketuntasan belajar peserta didik secara klasikal sebesar 87,5% atau setara dengan ketuntasan belajar peserta didik secara individu sebanyak 28 orang dari 32 orang peserta didik.

Tabel 2. Hasil dari Tes Kemampuan Pemahaman Konsep Matematika

Aspek Penilaian	*Pretest*	*Posttest*
Rata-rata Hasil Tes	56,64	85,93
Jumlah yang tuntas	7	28
Jumlah peserta didik yang tidak tuntas	25	4

Kriteria selanjutnya untuk menentukan efektivitas pada *e-modul* dengan menggunakan model pembelajaran SAVI adalah pencapaian indikator pelajaran dari hasil *pretest* dan *posttet*. Ketentuan pencapaian indikator adalah minimal 75% untuk setiap indikator diperoleh minimal 65% peserta didik. Pada tahap pretest, semua indikator belum mencapai ketuntasan. Indikator 1 memperoleh nilai sebesar 63,28%, indikator 2 sebesar 64,84%, indikator 3 sebesar 48,43%, dan indikator 4 sebesar 50%, yang semuanya masih berada dalam kategori *Tidak Tuntas*. Namun, setelah diberikan perlakuan melalui penggunaan E-Modul, hasil posttest menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan. Indikator 1 meningkat menjadi 88,28%, indikator 2 mencapai 91,40%, indikator 3 naik ke angka 83,59%, dan indikator 4 mencapai 80,40%, yang seluruhnya sudah masuk dalam kategori *Tuntas*. Selanjutnya, meningkatnya kemampuan memahami konsep matematika juga dapat dianalisis berdasarkan nilai N-Gain. Berdasarkan nilai *pretest* dan *posttest* jika disajikan dalam bentuk skor N-Gain, mendapat skor 0,67 dengan kategori sedang. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pembelajaran dengan menggunakan *e-modul* model pembelajaran SAVI dapat mengakibatkan peningkatan dalam memahami konsep matematika pada peserta didik.

Tahap evaluasi (*evaluation*) dilakukan secara formatif dan sumatif. Evaluasi formatif dilakukan pada tiap langkah dalam proses pengembangan e-modul. Sementara, evaluasi sumatif dilakukan pada akhir seluruh langkah yang telah dilaksanakan dimana pada akhir proses pembelajaran diberikan *posttest*, dan pengisian angket oleh peserta didik dan guru sebagai respon terhadap e-modul yang dikembangkan. Pada tahap evaluasi, komentar dan saran dijadikan sebagai bahan perbaikan terhadap produk yang dikembangkan terkait kesalahan dan kekurangan yang terjadi selama proses penelitian.

KESIMPULAN

Hasil dari riset yang dilaksanakan di SMP Negeri 4 Tanjung Morawa ini berupa e-modul yang dikembangkan dengan *Flip PDF Professional* untuk meningkatkan kemampuan pemahaman konsep matematika Peserta didik SMP pada materi penyederhanaan bentuk aljabar. Berdasarkan hasil dan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pembahasan penelitian ini, maka *E-Modul* untuk meningkatkan pemahaman konsep matematika peserta didik kelas VIII SMP dengan model pembelajaran *SAVI* dinyatakan valid berdasarkan nilai dari validator dengan persentase nilai rata-rata untuk materi adalah 94,8% dan nilai rata-rata untuk media adalah 92,2% selanjutnya dinyatakan praktis dengan persentase angket respon guru sebesar 98,75% dan persentase angket respon Peserta didik sebesar 84,25% dimana keduanya tergolong pada kategori sangat praktis. *E-Modul* untuk meningkatkan pemahaman konsep matematika peserta didik kelas VIII SMP dengan model pembelajaran *SAVI* juga dinyatakan efektif dengan : Ketuntasan belajar Peserta didik secara klasikal diperoleh ≥ 85% Peserta didik mengikuti pembelajaran mampu mencapai nilai ≥ 75, Ketercapaian indikator kemampuan pemahaman konsep tercapai pada semua indikator dimana jumlah Peserta didik yang tuntas ≥ 65% Peserta didik yang mengikuti pembelajaran, Ketercapaian kemampuan pemahaman konsep secara keseluruhan dengan jumlah Peserta didik yang tuntas ≥ 65% Peserta didik yang mengikuti pembelajaran dengan nilai ≥ 75 dan Nilai *N-Gain* sebesar 0,67 yang berarti Peserta didik mengalami peningkatan pada kemampuan pemahaman konsep dengan kategori peningkatan yang sedang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada orangtua dan saudara-saudari saya yang setia mendukung saya dalam segala aspek. Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada dosen pembimbing saya yang sangat mendukung proses perjalanan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

Amir, Z. and others. (2015). *Psikologi pembelajaran matematika*.

Anggraini, R. S., Sustipa, W., & Erita, S. (2022). Pengembangan E-Modul Pembelajaran Matematika Menggunakan Aplikasi Flipbook Maker. *Journal on Teacher Education*, *4*(2), 745–756.

Bawadi, S., Syamsuri, S., Yuhana, Y., & Hendrayana, A. (2022). Pengguna Model SAVI (Somatic, Auditory, Visual, Intellectual) dalam Pembelajaran Matematika: Study Meta – Analysis. *MENDIDIK: Jurnal Kajian Pendidikan Dan Pengajaran*, *8*(2), 184–194. https://doi.org/10.30653/003.202282.227

Erfani, G. A., Rokhman, M. S., & Sholikhakh, R. A. (2020). Analisis kesalahan siswa dalam menyelesaikan soal cerita matematika materi aritmetika sosial menurut Polya. *AKSIOMA : Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, *11*(2), 306–314. https://doi.org/10.26877/aks.v11i2.6850

Fahrurrozi, & Hamdi, S. (2017). Metode Pembelajaran Matematika. In *Universitas Hamzanwadi Press*. https://febriliaanjarsari.wordpress.com/2013/01/21/metode-pembelajaran-matematika-inovatif/

Gusniwati, M. (2015). Pengaruh Kecerdasan Emosional dan Minat Belajar terhadap Penguasaan Konsep Matematika Siswa SMAN di Kecamatan Kebon Jeruk. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, *5*(1), 26–41. https://doi.org/10.30998/formatif.v5i1.165

Istarani, & Ridwan, M. (2015). *50 Tipe, Strategi dan Teknik Pembelajaran Kooperatif* (A. Sembiring (ed.); 1st ed.). Media Persada.

Kartika, Y. (2018). Analisis Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Peserta Didik Kelas VII SMP pada Materi Bentuk Aljabar. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, *2*(4), 777–785.

Kencanawati, S. A. M. M., Sariyasa, S., & Hartawan, I. G. N. Y. (2020). Pengaruh penerapan model pembelajaran SAVI (Somatic, Auditory, Visual, Intellectual) terhadap kemampuan berpikir

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

kreatif matematis. *Pythagoras: Jurnal Pendidikan Matematika*, *15*(1), 13–23. https://doi.org/10.21831/pg.v15i1.33006

Mulyaningsih, N. N., & Saraswati, D. L. (2017). Penerapan Media Pembelajaran Digital Book Dengan Kvisoft Flipbook Maker. *Jurnal Pendidikan Fisika*, *5*(1), 25. https://doi.org/10.24127/jpf.v5i1.741

Wandini, R. R., & Banurea, O. K. (2019). *Pembelajaran Matematika Untuk Calon Guru MI / SD* (Issue 57). https://core.ac.uk/download/pdf/196543227.pdf

Yulianty, N. (2019). Kemampuan Pemahaman Konsep Matematika Siswa Dengan Pendekatan Pembelajaran Matematika Realistik. *Jurnal Pendidikan Matematika Raflesia*, *4*(1), 60–65. https://doi.org/10.33449/jpmr.v4i1.7530

Yusuf, M. (2018). *Pengantar Ilmu Pendidikan*.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Perancangan Pemrograman Analisis Dinamika Penyebaran DBD dengan Modifikasi Metode Runge-Kutta Kuntzmann Berbasis Rerata Pangkat P=1/2

Fikri Abdi Azzaki[1*], Ade Andreas Sinabariba[2], & Dita Putri Azzahra[3]
[1,2,3]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author: fikriabdi24@gmail.com*

Abstrak, artikel ini mengeksplorasi pengembangan skrip Python untuk pemodelan penyebaran Demam Berdarah Dengue (DBD) menggunakan Modifikasi Metode Runge-Kutta Kuntzmann Berbasis Rata-Rata Pangkat p=1/2. Latar belakang penelitian ini adalah tingginya penyebaran penyakit Demam Berdarah Dengue di berbagai daerah, khususnya di daerah tropis yang membutuhkan pendekatan analisis prediktif guna membantu pengambilan keputusan kesehatan masyarakat secara tepat. Metode ini diterapkan pada model SIR (Susceptible-Infected-Recovered) untuk menggambarkan dinamika populasi rentan, terinfeksi, dan sembuh dalam simulasi 160 hari. Hasil simulasi menunjukkan penurunan populasi rentan dari 99% menjadi 0%, sementara populasi terinfeksi mencapai puncak 42,54% pada hari ke-40, menggambarkan penyebaran yang cepat dalam populasi. Penggunaan Python dalam metode ini menghasilkan solusi numerik yang akurat serta memudahkan visualisasi data, memperkuat peran Python sebagai alat komputasi yang andal dalam epidemiologi. Temuan penelitian ini memberikan dasar bagi strategi intervensi kesehatan yang lebih efektif, seperti vaksinasi massal dan penyuluhan kesehatan masyarakat, dalam rangka mengendalikan penyebaran DBD secara optimal dan berkelanjutan di masa mendatang. Penerapan model ini diharapkan dapat digunakan lebih luas dalam studi penyakit menular lainnya sebagai alat bantu dalam perencanaan kebijakan kesehatan yang berbasis data dan prediksi.
Kata kunci: Analisis Penyebaran, Demam Berdarah Dengue, Model SIR, Modifikasi Runge-Kutta, Python

Abstract, *This paper explores the development of a Python script for modeling the spread of Dengue Hemorrhagic Fever (DHF) using a Modified Runge-Kutta Kuntzmann Method Based on Mean Power p=1/2p = 1/2p=1/2. The background of this research is the high incidence of DHF in various regions, particularly in tropical areas, which requires a predictive analytical approach to assist precise public health decision-making. This method is applied to the SIR model (Susceptible-Infected-Recovered) to illustrate the dynamics of the susceptible, infected, and recovered population over a 160-day simulation. The simulation results show a decrease in the susceptible population from 99% to 0%, while the infected population peaks at 42.54% on day 40, indicating rapid spread within the population. The use of Python in this method yields accurate numerical solutions and facilitates data visualization, reinforcing Python's role as a reliable computational tool in epidemiology. The findings of this study provide a foundation for more effective public health intervention strategies, such as mass vaccination and public health education, to control DHF spread optimally and sustainably. This model's application is expected to be more widely used in other infectious disease studies as a tool for data-driven health policy planning and prediction.*
Keywords: *Spread Analysis, Dengue Hemorrhagic Fever, SIR Model, Modified Runge-Kutta, Python*

Citation : Azzaki, F. A., dkk.(2024). Perancangan Pemrograman Analisis Dinamika Penyebaran DBD dengan Modifikasi Metode Runge-Kutta Kuntzmann Berbasis Rerata Pangkat P=1/2. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 96 - 104

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

PENDAHULUAN

Demam Berdarah Dengue (DBD) adalah penyakit infeksi yang disebabkan oleh virus dengue dan ditularkan melalui gigitan nyamuk Aedes aegypti (Priesley et al., 2018). Penyakit ini memiliki gejala berupa demam tinggi, sakit kepala, nyeri otot, serta munculnya ruam, dan dalam kasus parah bisa menyebabkan kematian(Sitepu & Pusparini, 2022). Penyakit ini menjadi masalah kesehatan global yang serius, dengan peningkatan kasus dan wabah yang dilaporkan di berbagai negara tropis, termasuk Indonesia. Model epidemiologi yang umum digunakan untuk memprediksi penyebaran penyakit ini adalah model SIR (Susceptible-Infected-Recovered) yang dibentuk dengan sistem persamaan diferensial.

DBD menjadi tantangan besar bagi sistem kesehatan masyarakat di banyak negara, termasuk Indonesia, di mana wabahnya cenderung meningkat seiring dengan perubahan lingkungan, urbanisasi, dan iklim. Penyebaran DBD sangat cepat, dan pengendalian penyebarannya menjadi prioritas dalam bidang epidemiologi. Oleh karena itu, sangat penting untuk memodelkan dan memprediksi pola penyebaran penyakit ini guna membantu dalam pengambilan keputusan terkait pengendalian wabah.

Untuk memodelkan penyebaran DBD, digunakan model SIR (Susceptible-Infected-Recovered) yang menggambarkan dinamika populasi yang rentan (S), terinfeksi (I), dan sembuh (R)(Yong, 2020). Model ini dapat dinyatakan dalam bentuk sistem persamaan diferensial pertama persamaan 1 atau persamaan *susceptible* menunjukkan bahwa jumlah individu yang rentan terhadap penyakit berkurang seiring dengan laju penularan β antara orang rentan dan terinfeksi(Ridwan & Hadi, 2019). Kedua persamaan *infected* atau persamaan 2 yang menggambarkan perubahan jumlah individu terinfeksi, di mana orang terinfeksi bertambah seiring dengan penularan dan berkurang saat sembuh dengan laju pemulihan γ (Kurnia, 2022). Kemudian persamaan 3 atau persamaan *recovered* yang menunjukkan bahwa individu yang sembuh bertambah seiring dengan pemulihan orang terinfeksi(Sifriyani & Rosadi, 2020)

$$\frac{dS}{dt} = -\beta S \tag{1}$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma \tag{2}$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma \tag{3}$$

Model SIR yang digunakan dalam artikel ini dapat diaplikasikan untuk memprediksi dan memodelkan penyebaran penyakit DBD di berbagai wilayah. Misalnya, selama musim penghujan, populasi nyamuk meningkat, yang menyebabkan potensi penyebaran penyakit juga meningkat. Model ini memungkinkan pihak berwenang untuk memperkirakan jumlah kasus yang mungkin terjadi dan merencanakan intervensi seperti penyemprotan insektisida, kampanye kesehatan, atau pemberian vaksin. Pemodelan penyebaran DBD menjadi krusial karena penyakit ini cenderung mewabah di wilayah tropis dengan kondisi iklim yang memungkinkan peningkatan populasi nyamuk. Oleh karna itu, diperlukan program yang dapat mempermudah simulasi dengan tingkat akurasi tinggi guna mendukung keputusan cepat dan efektif untuk mengendalikan wabah. Model ini memungkinkan analisis prediktif dan penerapan intervensi kesehatan masyarakat yang lebih tepat, seperti kampanye pencegahan dan program penyemprotan insektisida terarah. Dengan demikian, program berbasis Python yang diterapkan pada Modifikasi Metode Runge-Kutta ini dapat menjadi alat penting bagi para peneliti dan praktisi kesehatan masyarakat dalam merumuskan strategi penanggulangan yang responsif terhadap DBD.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Metode Euler adalah salah satu metode numerik paling sederhana yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial dalam model epidemiologi. Meskipun mudah diterapkan, metode ini memiliki akurasi yang rendah, terutama pada interval waktu yang besar, sehingga kurang cocok untuk aplikasi yang memerlukan prediksi presisi tinggi (Akbar, 2024). Oleh karena itu, metode yang lebih kompleks dan akurat seperti metode Runge-Kutta banyak digunakan. Salah satu pengembangan penting dalam metode numerik adalah Modifikasi Metode Runge-Kutta Kuntzmann berbasis Rata-rata Pangkat p = 1/2 (MRKKRP). Metode ini merupakan perbaikan dari metode Runge-Kutta standar dengan mengintegrasikan rata-rata pangkat untuk menghitung nilai-nilai perantara k_2, k_3, k_4. Modifikasi ini bertujuan untuk mengurangi galat pemotongan lokal dan memberikan solusi yang lebih stabil serta akurat, terutama dalam sistem persamaan diferensial yang dinamis dan berubah cepat, seperti yang terjadi pada penyebaran penyakit DBD (Riski & Wartono, 2021).

Banyak software yang telah digunakan untuk menyelesaikan masalah ini seperti Banyak software yang telah digunakan untuk menyelesaikan masalah ini seperti Matlab(Side et al., 2019), Mathematica(Reagan et al., 2019), Maple(Nor et al., 2021) dan Python(Abdualgalil et al., 2022). Python adalah bahasa pemrograman open-source yang sangat populer dalam komputasi ilmiah. Python menawarkan berbagai pustaka (libraries) yang sangat mendukung penyelesaian persamaan diferensial biasa (ODEs) secara numerik termasuk metode Runge-Kutta. Python adalah bahasa pemrograman yang dikembangkan oleh Guido van Rossum pada tahun 1991. Python terkenal karena sintaksisnya yang sederhana dan kemampuannya dalam pemrosesan data, terutama dalam analisis numerik dan ilmiah (Rochmawati, 2022). Dengan bantuan software seperti Python, metode ini dapat diimplementasikan menggunakan pustaka numpy yang mendukung solusi ODEs secara efisien dan menghasilkan hasil simulasi yang dapat divisualisasikan menggunakan Matplotlib.

Python telah digunakan untuk menyelesaikan berbagai masalah, khususnya pada model penyebaran penyakit. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Firmansyah & Prihandono, 2024), Penelitian ini menggunakan Python untuk memodelkan penyebaran penyakit menular yang mempertimbangkan vaksinasi. Model yang digunakan adalah SVIR, yang membagi populasi menjadi empat kategori: rentan (S), terinfeksi (I), tervaksinasi (V), dan sembuh (R). Simulasi dilakukan dengan menggunakan metode Runge-Kutta Kuntzmann dari pustaka odeint di Python. Hasil menunjukkan bahwa strategi vaksinasi dapat menurunkan jumlah individu terinfeksi dan berkontribusi pada pengendalian penyebaran penyakit. Pada penelitan lain yang dilakukan oleh (Andriyani et al., 2023) Python digunakan untuk memprediksi puncak penyebaran Covid-19 di Indonesia dengan model SIR (Susceptible, Infected, Recovered) dan metode Runge-Kutta Orde 4. Simulasi ini berhasil memprediksi puncak penyebaran pertama pada bulan Oktober-November 2020 dan akhir penyebaran pada sekitar September 2021. Python digunakan untuk menghitung solusi numerik dari persamaan diferensial dan visualisasi hasilnya dalam bentuk grafik.

Tujuan utama artikel ini adalah membangun Python script dalam menyelesaikan pemodelan penyebaran Demam Berdarah Dengue (DBD) berdasarkan Modifikasi Metode Runge-Kutta Kuntzmann berbasis rata-rata pangkat dan untuk melihat dinamika penyebaran penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) dengan Modifikasi Metode Runge-Kutta Kuntzmann berbasis rata-rata pangkat guna meningkatkan akurasi solusi numeriknya.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam artikel ini adalah Modifikasi metode Runge-Kutta Kuntzmann berbasis rata-rata pangkat disingkat dengan (MRKKRP). Metode MRKKRP adalah metode numerik

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

yang digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan diferensial biasa. Persamaan umum untuk MRKKRP (persamaan 4).

$$y_{i+1} = y_i + \frac{h}{36}\left(\frac{11[k_1 + k_2]}{2} + \frac{14(k_2 + k_3)}{2} + \frac{11(k_3 + k_4)}{2} + 11\sqrt{k_1 k_2} + 14\sqrt{k_2 k_3} + 11\sqrt{(k_3 + k_4)}\right) \quad (4)$$

Dimana:

$$k_1 = f(t_i, y_i);$$
$$k_2 = f\left(t_i + \frac{2}{5}h, y_i + \frac{2}{5}hk_1\right)$$
$$k_3 = f\left(t_i + \frac{3}{5}h, y_i + \frac{h}{1000}[(309 - \sqrt{26059})k_1 + (291 + 3\sqrt{26059})k_2]\right)$$
$$k_3 = f\left(t_i + h, y_i + \frac{h}{440}[(-966 + 7\sqrt{26059})k_1 + (2298 - 15\sqrt{26059})k_2 + (892 + 8\sqrt{26059})k_3]\right).$$

Dalam Modifikasi Metode ini, digunakan rata-rata pangkat $p = 1/2$untuk menghitung nilai interpolasi dalam langkah-langkah iterasi, yang bertujuan untuk memperbaiki akurasi solusi numerik. Metode MRKKRP yang dimodifikasi akan diterapkan pada sistem persamaan SIR. Prosedur yang diterapkan adalah menentukan waktu h akan dipilih, dan persamaan diferensial SIR akan diintegrasikan dari waktu $t = 0$ hingga $t = T$, di mana populasi awal rentan, terinfeksi, dan sembuh diberikan. Selanjutnya pada setiap iterasi, nilai S, I, dan R diperbarui menggunakan metode MRKKRP.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem persamaan yang akan diselesaikan dalam artikel ini adalah persamaan 5 atau persamaan untuk populasi rentan (S) yang menunjukkan bahwa jumlah individu yang rentan terhadap infeksi berkurang seiring dengan terjadinya penularan antara individu rentan dan individu yang terinfeksi. β adalah parameter laju penularan. Selanjutnya adalah peramaan 6 atau persamaan untuk populasi terinfeksi (I) yang menggambarkan dinamika individu yang terinfeksi. Jumlah orang yang terinfeksi bertambah karena penularan dari individu rentan, tetapi juga berkurang seiring waktu karena mereka pulih dari infeksi dengan laju pemulihan γ. Persamaan selanjutna adalah persamaan 7 atau persamaan untuk populasi sembuh (R) yang menyatakan bahwa individu yang sembuh bertambah seiring waktu dengan laju pemulihan γ. Hanya individu yang terinfeksi yang bisa sembuh dan menjadi bagian dari populasi sembuh. Dimana β merupakan laju penularan penyakit (probabilitas tertularnya seseorang yang rentan setelah kontak dengan individu terinfeksi), dan γ Laju pemulihan (kecepatan individu yang terinfeksi pulih atau tidak lagi menular). Untuk menyelesaikan sistem persamaan diferensial SIR yang menggambarkan penyebaran penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD), digunakan kodingan python gambar 1, kemudian modifikasi metode runge-kutta kuntzmann berdasarkan rata-rata pangkat p = ½ (gambar 2) dan untuk menbuat gambar dengan python dapat dilihat script gambar 3.

$$\frac{dS}{dt} = -\beta S(t)I(t) \quad (5)$$
$$\frac{dI}{dt} = \beta S(t)I(t) - \gamma I(t) \quad (6)$$
$$\frac{dR}{dt} = \gamma I(t) \quad (7)$$

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
# Parameter model SIR
beta = 0.3   # Laju penularan (infection rate)
```

```
gamma = 0.1  # Laju pemulihan (recovery rate)
# Kondisi awal populasi
S0, I0, R0 = 0.99, 0.01, 0.0 # Populasi awal (99% rentan, 1% terinfeksi, 0%
sembuh)
# Rentang waktu dan langkah waktu
T = 160  # Total waktu (hari)
dt = 0.1  # Langkah waktu
time = np.arange(0, T, dt)
# Fungsi model SIR
def SIR_model(S, I, R, beta, gamma):
    dS = -beta * S * I
    dI = beta * S * I - gamma * I
    dR = gamma * I
     return dS, dI, dR
```

Gambar 1. Script Python model SIR dalam penyebaran DBD

```
# Modifikasi Metode Runge-Kutta Kuntzmann berbasis Rata-rata Pangkat untuk
menyelesaikan sistem SIR
def MRKKRP_step(S, I, R, beta, gamma, dt):
    k1_S, k1_I, k1_R = SIR_model(S, I, R, beta, gamma)
    k2_S, k2_I, k2_R = SIR_model(S + k1_S * 2 * dt / 5, I + k1_I *2 * dt / 5, R +
k1_R *2 * dt / 5, beta, gamma)
    k3_S, k3_I, k3_R = SIR_model(S + ((309-np.sqrt(26059))* k1_S + (291-3*
np.sqrt(26059))* k2_S ) * dt/1000, I + ((309-np.sqrt(26059))* k1_I + (291-3*
np.sqrt(26059))* k2_I ) * dt/1000, R + ((309-np.sqrt(26059))* k1_R + (291-3*
np.sqrt(26059))* k2_R ) * dt/1000, beta, gamma)
    k4_S, k4_I, k4_R = SIR_model(S + ((-966-7*np.sqrt(26059))* k1_S + (2298-15*
np.sqrt(26059))* k2_S + (892 + 8* np.sqrt(26059))* k3_S )  * dt/440, I + ((-966-
7*np.sqrt(26059))* k1_I + (2298-15* np.sqrt(26059))* k2_I + (892 + 8*
np.sqrt(26059))* k3_I )  * dt/440, R + ((-966-7*np.sqrt(26059))* k1_R + (2298-15*
np.sqrt(26059))* k2_R + (892 + 8* np.sqrt(26059))* k3_R )  * dt/440, beta, gamma)

    S_next = S + dt / 36 * (11*(k1_S + k2_S)/2 + 14 * (k2_S + k3_S)/2 + 11 * (k3_S
+ k4_S)/2 + 11*np.sqrt(np.maximum(0, k1_S*k2_S)) + 14*np.sqrt(np.maximum(0,
k2_S*k3_S)) +  11*np.sqrt(np.maximum(0, k3_S*k4_S)))
    I_next = I + dt / 36 * (11*(k1_I + k2_I)/2 + 14 * (k2_I + k3_I)/2 + 11 * (k3_I
+ k4_I)/2 + 11*np.sqrt(np.maximum(0, k1_I*k2_I)) + 14*np.sqrt(np.maximum(0,
k2_I*k3_I)) +  11*np.sqrt(np.maximum(0, k3_I*k4_I)))
    R_next = R + dt / 36 * (11*(k1_R + k2_R)/2 + 14 * (k2_R + k3_R)/2 + 11 * (k3_S
+ k4_R)/2 + 11*np.sqrt(np.maximum(0, k1_R*k2_R)) + 14*np.sqrt(np.maximum(0,
k2_R*k3_R)) +  11*np.sqrt(np.maximum(0, k3_R*k4_R)))

    return S_next, I_next, R_next

# Inisialisasi populasi
S, I, R = np.zeros(len(time)), np.zeros(len(time)), np.zeros(len(time))
S[0], I[0], R[0] = S0, I0, R0

# Simulasi menggunakan Modifikasi Metode Runge-Kutta Kuntzmann berbasis Rata-rata
Pangkat
for t in range(1, len(time)):
    S[t], I[t], R[t] = MRKKRP_step(S[t-1], I[t-1], R[t-1], beta, gamma, dt)
```

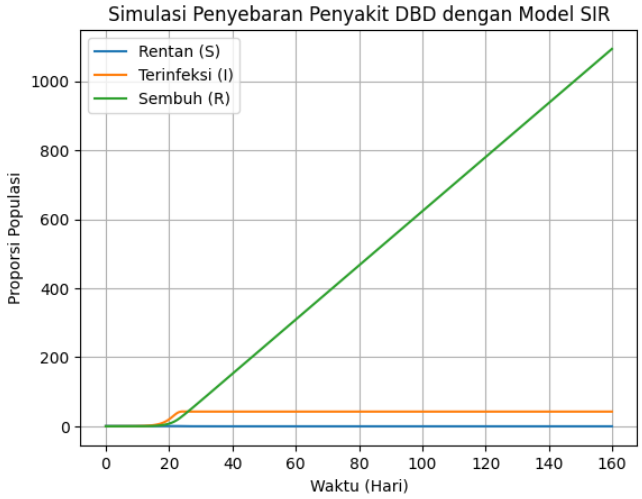
Gambar 2.Script Python MRKKRP untuk menyelesaikan sistem SIR

```
# Visualisasi hasil simulasi
plt.plot(time, S, label='Rentan (S)')
plt.plot(time, I, label='Terinfeksi (I)')
plt.plot(time, R, label='Sembuh (R)')
plt.xlabel('Waktu (Hari)')
plt.ylabel('Proporsi Populasi')
plt.title('Simulasi Penyebaran Penyakit DBD dengan Model SIR')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()
```

Gambar 3. Script Python Visualisasi Model SIR

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Hasil simulasi dapat dilihat dari grafik berikut



Gambar 4. Grafik dari hasil Simulasi Penyebaran Penyakit DBD dengan Model SIR

Untuk menampilkan hasil perhitungan Rentan (S), Terinfeksi (I), dan Sembuh (R**)** pada beberapa titik waktu selama simulasi model SIR, digunakan kodingan Python gambar 5. Tabel hasil perhitungan simulasi model SIR untuk penyebaran Demam Berdarah Dengue (DBD) yang telah dihitung menggunakan program Python. Tabel ini menyajikan nilai populasi Rentan (S), Terinfeksi (I), dan Sembuh (R) pada beberapa titik waktu yang dipilih dari simulasi selama 160 hari:

```
# Mengambil nilai pada waktu-waktu tertentu
tabel_hasil = []
for t_idx in [0, 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1599]:
    tabel_hasil.append([time[t_idx], S[t_idx], I[t_idx], R[t_idx]])

# Menampilkan tabel hasil
for row in tabel_hasil:
    print(f"Waktu: {row[0]:.1f}, Rentan: {row[1]:.4f}, Terinfeksi: {row[2]:.4f},
Sembuh: {row[3]:.4f}")
```

Gambar 5. Script Python menghitung nilai SIR

Tabel 1. Simulasi Model SIR untuk Penyebaran DBD

Waktu (Hari)	Rentan (S)	Terinfeksi (I)	Sembuh (R)
0.0	0.9900	0.0100	0.0000
20.0	0.9611	201.576	76.998
40.0	0.0004	425.435	1.521.178
60.0	0.0000	425.434	3.090.953
80.0	0.0000	425.432	4.660.738
100.0	0.0000	425.431	6.230.518
120.0	0.0000	425.430	7.800.293
140.0	0.0000	425.428	9.370.062
159.9	0.0000	425.427	10.931.978

Dalam simulasi ini, dilakukan uji coba variasi pada parameter laju penularan (β) dan laju pemulihan (γ) untuk melihat bagaimana perubahan kecil dalam parameter ini memengaruhi dinamika penyebaran DBD. Ketika nilai β meningkat sebesar 0.1, terjadi peningkatan signifikan pada puncak populasi terinfeksi, yang menunjukkan bahwa laju penularan memiliki pengaruh langsung terhadap lonjakan kasus DBD dalam waktu singkat. Di sisi lain, peningkatan γ menunjukkan penurunan

jumlah individu yang terinfeksi secara lebih cepat, menandakan peran laju pemulihan dalam mengendalikan durasi infeksi di populasi.

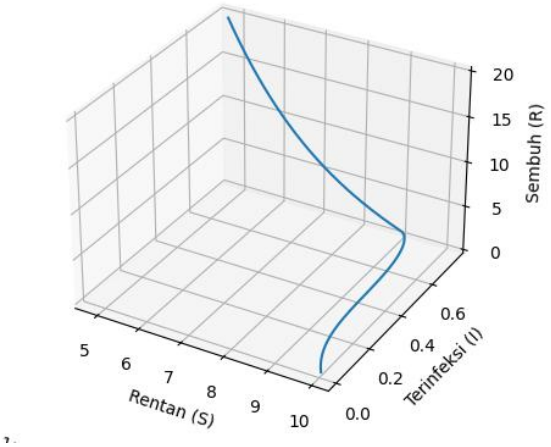
Selain itu, dilakukan perbandingan antara hasil simulasi menggunakan Modifikasi Metode Runge-Kutta Kuntzmann dan metode Runge-Kutta standar. Hasil menunjukkan bahwa metode modifikasi ini memberikan hasil yang lebih stabil dan akurat, terutama pada titik puncak infeksi dan pada saat mendekati akhir simulasi. Dalam metode standar, terdapat fluktuasi kecil yang lebih sering terjadi, sementara metode modifikasi mampu meredam fluktuasi ini sehingga memberikan estimasi yang lebih konsisten dan mendekati data observasi.

Pada awal waktu, yaitu hari ke-0, proporsi populasi yang rentan terhadap infeksi mencapai 99% atau 0,9900. Seiring berjalannya waktu, dalam 20 hari pertama, proporsi populasi rentan mengalami penurunan menjadi 96,11% atau 0,9611. Penurunan ini terus berlanjut hingga pada hari ke-60 dan seterusnya, proporsi populasi rentan mencapai 0%. Hal ini menunjukkan bahwa seiring waktu, sebagian besar individu yang awalnya berada dalam kategori rentan telah terinfeksi.

Sementara itu, populasi yang terinfeksi mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Pada hari ke-0, proporsi individu yang terinfeksi hanya 1% atau 0,0100, namun jumlah ini meningkat tajam hingga mencapai puncaknya pada hari ke-40 dengan proporsi sebesar 42,54% atau 0,4254. Setelah mencapai puncaknya, proporsi individu yang terinfeksi tetap stabil pada angka tersebut hingga hari ke-159,9. Kenaikan ini menunjukkan bahwa virus menyebar dengan cepat dalam populasi, menyebabkan semakin banyak individu yang terinfeksi dalam kurun waktu tertentu.

Di sisi lain, populasi yang sembuh juga mengalami peningkatan secara bertahap. Pada awalnya, proporsi individu yang sembuh adalah 0% atau 0,0000. Namun, setelah melewati 20 hari, jumlah individu yang sembuh mulai meningkat secara signifikan. Hingga hari ke-159,9, proporsi populasi yang sembuh terus bertambah hingga mencapai angka 1093,1978. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun tingkat infeksi cukup tinggi, tingkat pemulihan di antara individu yang terinfeksi juga menunjukkan tren yang positif dan terus meningkat seiring berjalannya waktu.

Keseimbangan dinamis, Tabel menunjukkan adanya keseimbangan antara populasi yang terinfeksi dan yang sembuh. Meskipun populasi terinfeksi tinggi, proporsi individu yang sembuh juga menunjukkan tren positif. Ini mengindikasikan bahwa sistem kesehatan mungkin efektif dalam menangani infeksi. Grafik 3D ini memvisualisasikan interaksi antara populasi rentan, terinfeksi, dan sembuh secara bersamaan dalam ruang 3D. Ini memberikan gambaran yang lebih menyeluruh tentang bagaimana wabah penyakit seperti DBD menyebar dalam suatu populasi, serta bagaimana proporsi setiap kelompok populasi berubah seiring waktu.



Gambar 6. Solusi 3D Model SIR dengan Modifikasi MRKKRP untuk Penyebaran DBD

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

KESIMPULAN

Simulasi model SIR untuk penyebaran Demam Berdarah Dengue (DBD) yang dilakukan dalam studi ini menunjukkan bahwa dalam periode 160 hari, proporsi populasi rentan terhadap infeksi menurun drastis dari 99% menjadi 0%. Pada saat yang sama, proporsi individu yang terinfeksi meningkat hingga mencapai puncak 42,54% pada hari ke-40, menggambarkan cepatnya penyebaran penyakit di suatu populasi. Peningkatan jumlah individu yang sembuh menunjukkan adanya efektivitas dalam pengendalian penyakit, menghasilkan keseimbangan dinamis antara populasi yang terinfeksi dan yang pulih. Hal ini menunjukkan bahwa strategi kesehatan yang tepat mampu menjaga kestabilan populasi meskipun terjadi lonjakan kasus infeksi.

Metode Modifikasi Runge-Kutta Kuntzmann yang digunakan menghasilkan solusi numerik yang lebih akurat dan stabil, memperkuat nilai Python sebagai alat komputasi dalam simulasi epidemiologi. Temuan ini mendukung pentingnya intervensi kesehatan yang terarah, seperti vaksinasi dan edukasi masyarakat, untuk memitigasi penyebaran DBD. Penerapan model ini diharapkan dapat digunakan lebih luas dalam studi penyakit menular lainnya sebagai alat bantu dalam perencanaan kebijakan kesehatan yang berbasis data dan prediksi.

DAFTAR PUSTAKA

Abdualgalil, B., Abraham, S., & Ismael, W. M. (2022). Early Diagnosis for Dengue Disease Prediction Using Efficient Machine Learning Techniques Based on Clinical Data. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, *3*(3), 257–268. https://doi.org/10.18196/jrc.v3i3.14387

Akbar, H. (2024). *Prediksi Laju Perubahan Sel Tumor, Sel Inang, dan Sel Imun pada Persamaan Itik-Banks Tumor Menggunakan Ensemble Kalman Filter*. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.

Andriyani, D., Gunawan, G., & Suhaedi, D. (2023). Model Susceptible Infected Removed (SIR) Penyebaran COVID-19 di Indonesia Menggunakan Metode Runge Kutta. *Bandung Conference Series: Mathematics*, *3*(1), 85–90. https://doi.org/10.29313/bcsm.v3i1.6984

Firmansyah, D., & Prihandono, B. (2024). Analisis Kestabilan Dan Simulasi Menggunakan Python Pada Model Matematika Penyebaran Penyakit Menular Dengan Vaksinasi. *Buletin Ilmiah Math. Stat. Dan Terapannya (Bimaster)*, *13*(3), 369–378.

Kurnia, S. (2022). *Analisis Dinamik Model Susceptible-Exposed- (Seihcrd) Pada Penyebaran Covid-19 di Indonesia*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Nor, N. M., Mahmud, M., Ramli, W. K. H. W., Jauhari, N. E., Muzaffar, N. I., Azman, N. A., & Fatah., S. N. U. A. (2021). Transmission of Dengue Virus With and Without Vaccination Using SIR Model. *Journal of Mathematics and Computing Science*, *7*(2), 116–128.

Priesley, F., Reza, M., & Rusdji, S. R. (2018). Hubungan Perilaku Pemberantasan Sarang Nyamuk dengan Menutup, Menguras dan Mendaur Ulang Plus (PSN M Plus) terhadap Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kelurahan Andalas. *Jurnal Kesehatan Andalas*, *7*(1), 124. https://doi.org/10.25077/jka.v7.i1.p124-130.2018

Reagan, K., Yokley, K. A., & Arangala, C. (2019). Simulations on a Mathematical Model of Dengue Fever with a Focus on Mobility. *North Carolina Journal of Mathematics and Statistics*, *5*, 1–16.

Ridwan, M. R., & Hadi, A. (2019). Penggunaan dan Pengembangan Model Epidemi SIR pada Penyebaran Penyakit Tuberkulosis di Sulawesi Selatan. *Jurnal Matematika Dan Statistika Serta Aplikasinya*, *7*(2), 37–44. https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/msa/article/view/11548/pdf

Riski, A., & Wartono. (2021). Modifikasi Metode Runge-Kutta Kuntzmann Berdasarkan Rata-Rata

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pangkat P = 1/2. *Euclid*, *8*(2), 113–123.

Rochmawati, F. D. (2022). *Perkembangan Bahasa Pemrograman Komputer Di Amerika Serikat Tahun 1955-1995* [Universitas Islam Negeri Kiai Haji Achmad Siddiq]. http://digilib.uinkhas.ac.id/17639/1/FItria Dewi Rochmawati.pdf

Side, S., Badwi, N., Pratama, M. I., Sidjara, S., & Sanusi, W. (2019). A SEIRS model analysis and simulation for dengue fever transmission. *International Journal of Scientific and Technology Research*, *8*(10), 1048–1053.

Sifriyani, & Rosadi, D. (2020). Pemodelan Susceptible Infected Recovered (Sir) Untuk Estimasi Angka Reproduksi Covid-19 Di Kalimantan Timur Dan Samarinda. *Jurnal Media Statistika*, *July*, 1–13.

Sitepu, & Pusparini, E. (2022). Hubungan jumlah trombosit dan nilai hematokrit terhadap derajat keparahan pada Pasien Demam Berdarah Dengue di Rumah Sakit Murni Teguh Memorial Medan tahun 2019-2021. *Pendidikan Dokter*, *9*(8.5.2017), 2003–2005. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders

Yong, B. (2020). Model dinamika penyebaran pemilih dengan menggunakan pendekatan epidemiologi. *Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 155–160.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Deep Learning untuk Matematika: Pengenalan Rumus dengan Convolutional Neural Network

Ade Putra Haposan S.M Tampubolon
Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Indonesia
Coresponding Author:sahatmaruli1808@gmail.com

Abstrak, Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan Algoritma deep learning dalam pengenalan rumus rumus matematika dengan menggunakan metode Convolutional Neural Network. Pada algoritma deep learning ini sangat membantu para siswa dalam mengerjakan suatu persoalan yang sering terjadi di sekolah seperti menyelesaikan persoalan persamaan bilangan polynomial satu variabel berderajat. Metode CNN dipilih karena kemampuannya yang dapat meniru cara kerja otak manusia dengan sangat tepat dan akurat. Pelatihan pada data ini dilakukan dengan menggunakan bahasa pemograman python dengan batch sizenya 20 epoch 5 hingga 13 dan juga learning rate sebesar 10^(-4). Dan dalam pengujian ini di dapatkan hasil pengujian 97,5% Hasil penelitian menunjukan bahwa metode Convolutional Neural Network sangat efektif dalam membantu mengenal rumus rumus matematika pada bilangan polynomial satu variabel berderajat satu dengan tingkat akurasi yang baik.
Kata Kunci : Deep Learning, CNN, Rumus Rumus Matematika, Bilangan Polynomial

Abstract, *This research aims to apply deep learning algorithms in the introduction of mathematical formulas using the Convolutional Neural Network method. This deep learning algorithm really helps students in working on problems that often occur in school, such as solving polynomial number equation problems with one degree variable. The CNN method was chosen because of its ability to imitate the workings of the human brain very precisely and accurately. Training on this data was carried out using the Python programming language with a batch size of 20 epochs 5 to 13 and a learning rate of 10^(-4)And in this test, the test results were 97.5%. The research results show that the Convolutional Neural Network method is very effective in helping to recognize mathematical formulas for polynomial numbers of one variable of degree one with a good level of accuracy.*
Keywords: *Deep Learning, CNN, Mathematical Formulas, Polynomial Numbers*

Citation :Tampubolon, A. P. H. S. M., . (2024). Deep Learning untuk Matematika: Pengenalan Rumus dengan Convolutional Neural Network. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 105 - 114

PENDAHULUAN

Matematika merupakan pelajaran dengan logika tentang susunan suatu bentuk, besaran serta hubungan antara konsep yang satu dengan konsep yang lain. Kemampuan pemahaman menjadi hal yang sangat penting, itu sebabnya dengan adanya pemahaman diharapkan manusia dapat memiliki kemampuan pemahaman (Robbany Arham, 2022). Matematika adalah ilmu yang selalu berhubungan dengan rumus, apabila kurang pemahaman dan penguasaan terkait rumus maka matematika menjadi Pelajaran yang sulit (Lubis et al., 2019). Selain itu para pengajar juga tidak memberi kebebasan siswa dalam melakukan eksplorasi terhadap rumus karena para pengajar cenderung memberikan satu rumus saja yang paling berpengaruh dalam mengerjakan satu materi soal, padahal pelajar dapat menciptakan rumus sendiri apabila telah memahami dan mau melakukan eksplorasi terhadap rumus tersebut (Fauzi, 2019).

Polynomial atau suku banyak adalah salah satu fungsi dalam matematika yang didalamnya sudah meliputi operasi perhitugan seperti perkalian, perpangkatan dan nilai variabel. Dalam proses

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pencarian akar persamaan itu, maka nilai variabel dengan nilai fungsi 0 (f(x) = 0) perlu dicari(Oei et al., 2017). Penyelesaian suatu polynomial dapat mencari akar kompleks, itu sebabnya untuk mencari akar tersebut dapat menggunakan metode dalam bacpropogation yaitu convolutional neural network yang termasuk dalam algoritma deep learning. Deep Learning merupakan cabang dalam machine learning yang berbasis pada jaringan saraf tiruan. Di dalam deep learning, komputer akan dikelompokkan berdasarkan gambar atau suara (Ilahiyah S & Nilogiri A, 2018). Metode dalam Deep Learning yang dapat memberi hasil yang terbaik untuk proses pengenalan citra adalah Convolutional Neural Network (CNN). Hal ini dikarenakan CNN dapat melakukan tindakan meniru dalam proses pengenalan citra pada visual cortex manusia hingga mampu dalam pengolahan informasi citra (Nugroho et al., 2020). Convolutional Neural Network merupakan salah satu algoritma dari pengembangan dari Multilayer Percepton (MLP) yang disusun untuk proses pengolahan data. CNN dipergunakan untuk pengelompokkan data yang sudah diberi label dengan menggunakan metode supervised learning (Ilahiyah S & Nilogiri A, 2018).

Beberapa penelitian menjadi acuan dalam penelitian skripsi berikut, salah satunya sebuah penelitian memberikan penjelasan terkait "Penerapan Deep Learning untuk proses identifikasi tumbuhan dari citra daun dengan metode Convolutional Neural Network". Penelitian ini dilakukan supaya citra daun yang beresolusi tinggi dapat diketahui dengan mudah. Penelitian ini menghasilkan sistem yang dapat mengenali jenis tumbuhan dengan akurasi 90,8% (Raup et al., 2022). Berdasarkan latar belakang tersebut dilakukan penelitian pada skripsi ini dengan tujuan untuk mempermudah pelajar dalam perhitungan dalam rumus matematika terutama dalam mencari akar-akar polynomial. Hasil akhir yang didapat dari dilakukannya penelitian ini dapat menjadi bahan acuan apabila dilakukan peneilitan lain dan mengangkat topik yang sama.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian berupa penelitian riset kepustakaan. Penelitian kepustakaan adalah melakukan pencarian dengan menelaah kepada beberapa literatur atau pustaka yang berhubungan dengan topik pada penelitian ini. Penelitian ini menggunakan data primer, dimana data didapat dari website yang sudah ada. Tahap penelitian untuk mengklasifikasikan rumus rumus matematika menggunakan algoritma CNN; (a) pemahaman masalah; (b) pemahaman data; (c) praproses data; (d) augmentasi data; (e) pemodelan CNN; (f) Evaluasi; dan (g) interpretasi hasil

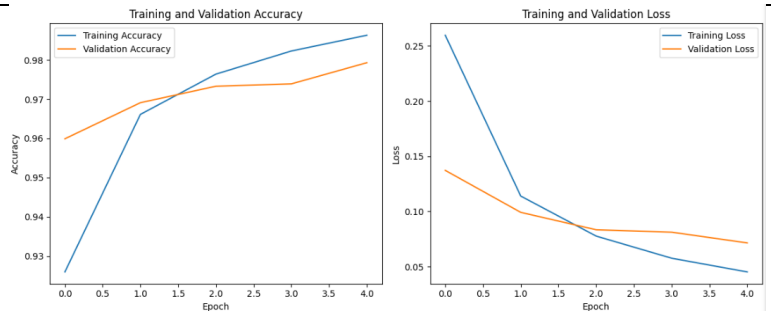
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Percobaan A menghasilkan total training akurasi sebesar 98,73% dengan melakukan epoch sebanyak 5 kali dan menggunakan optimizer Adamax. Pada Tabel 1 dilakukan epoch sebanyak 5 kali dan 20 batch size dengan learning rate sebesar 0,00001 dengan menggunakan optimizer adamax. Dalam proses pelatihan, akurasi model meningkat dari 87.78% menjadi 98.73%, sementara nilai loss pelatihan menurun dari 0.4312 menjadi 0.0429, menunjukkan bahwa model belajar dengan baik. Selain itu, akurasi validasi juga menunjukkan tren positif, meningkat dari 95.99% menjadi 97.93%, dengan loss validasi yang menurun dari 0.1373 menjadi 0.0812. Pada percobaan B menghasilkan total training akurasi sebesar 98,73%. Hal ini menunjukkan bahwa model tidak hanya berhasil mempelajari pola dari data pelatihan,tetapi juga mampu melakukan generalisasi dengan baik pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Secara keseluruhan, model menunjukkan performa yang sangat baik pada akhir pelatihan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Tabel 1 Hasil Percobaan Penggabungan A

Batch Size	Epoch	Akurasi	Loss	Vall Akurasi	Loss akurasi
20	5	0.8778	0.4312	0.9599	0.1373
20	5	0.9640	0.1226	0.9691	0.0992
20	5	0.9765	0.0761	0.9733	0.0834
20	5	0.9826	0.0567	0.9739	0.0812
20	5	0.9873	0.0429	0.9793	0.9793



Gambar 1 Hasil Percobaan Penggabungan A

Pada Percobaan B menghasilkan total training akurasi sebesar 99,51% dengan melakukan epoch sebanyak 9 kali dan menggunakan optimizer Adamax. Pada Tabel 2 dilakukan epoch sebanyak 9 kali dan 20 batch size dengan learning rate sebesar 0,00001 dengan menggunakan optimizer adamax. Sepanjang pelatihan, akurasi model meningkat secara signifikan dari 87.16% menjadi 99.51%, sedangkan nilai loss pelatihan menunjukkan penurunan dari 0.4511 menjadi 0.0169, menandakan bahwa model semakin baik dalam mempelajari pola dari data pelatihan. Pada sisi validasi, akurasi juga menunjukkan performa yang baik, meskipun tidak secepat pelatihan, dimulai dari 96.12% dan berakhir di 97.29%, dengan loss validasi yang berfluktuasi namun tetap relatif rendah, antara 0.1342 dan 0.0768. Pada percobaan B menghasilkan total training akurasi sebesar 99,51% Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun model sangat baik dalam mempelajari data pelatihan, terdapat sedikit tantangan dalam menjaga generalisasi yang konsisten pada data validasi. Secara keseluruhan, model menunjukkan kinerja yang sangat mengesankan pada akhir pelatihan

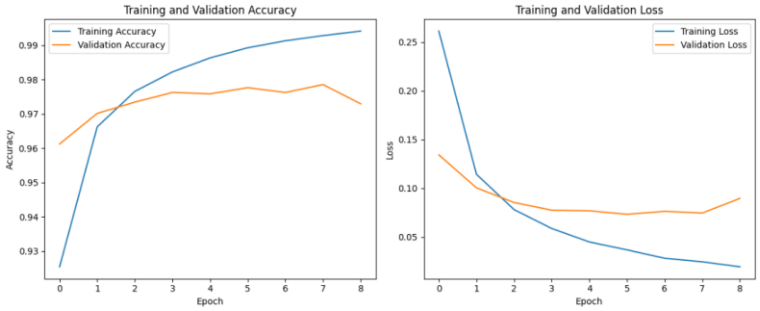
Tabel 2 Hasil Percobaan Penggabungan B

Batch Size	Epoch	Akurasi	Loss	Vall Akurasi	Loss akurasi
20	9	0.8716	0.4511	0.9612	0.1342
20	9	0.9642	0.1210	0.9701	0.1003
20	9	0.9763	0.0799	0.9734	0.0853
20	9	0.9837	0.9762	0.9762	0.0774
20	9	0.9871	0.0446	0.9758	0.0768
20	9	0.9951	0.0169	0.9729	0.0895

Pada Percobaan C menghasilkan total training akurasi sebesar 99,46% dengan melakukan epoch sebanyak 8 kali dan menggunakan optimizer Adamax. Pada Tabel 3 dilakukan epoch sebanyak 9 kali dan 20 batch size dengan learning rate sebesar 0,00001 dengan menggunakan optimizer adamax. Pada epoch pertama, akurasi model mencapai 87.91% dengan loss 0.4331. Seiring bertambahnya epoch, akurasi meningkat signifikan menjadi 99.46% pada epoch kedelapan, sementara nilai loss pelatihan menurun drastis dari 0.4331 menjadi 0.0195. Di sisi validasi, akurasi juga menunjukkan tren positif, mulai dari 95.96% dan meningkat menjadi 97.99%, meskipun dengan sedikit fluktuasi dalam nilai loss validasi yang dimulai dari 0.1403 dan berakhir di 0.0744. Meskipun akurasi validasi tidak meningkat secepat akurasi pelatihan, hasil ini menunjukkan bahwa model mampu generalisasi dengan baik terhadap data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Secara

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

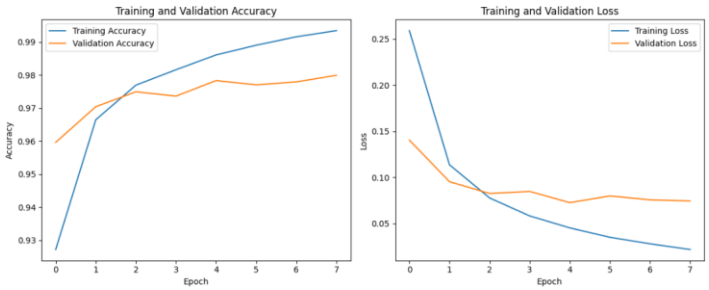
keseluruhan, model menunjukkan performa yang sangat baik, mencerminkan kemajuan signifikan dalam kemampuannya untuk mempelajari dan menggeneralisasi dari data pelatihan.



Gambar 2 Hasil Percobaan Penggabungan B

Tabel 3 Hasil Percobaan Penggabungan C

Batch Size	Epoch	Akurasi	Loss	Vall Akurasi	Loss akurasi
20	1	0.8791	0.4331	0.9596	0.1403
20	2	0.9635	0.1251	0.9704	0.0953
20	3	0.9763	0.0821	0.9749	0.0825
20	4	0.9817	0.0573	0.9736	0.0848
20	5	0.9869	0.0429	0.9783	0.0726
20	8	0.9946	0.0195	0.9799	0.0744



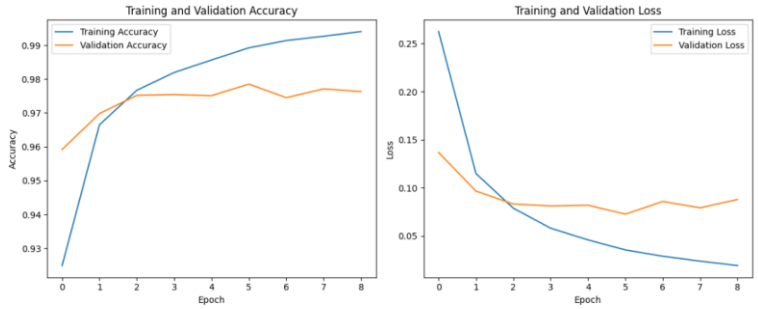
Gambar 3 Hasil Percobaan Penggabungan C

Pada Percobaan D menghasilkan total training akurasi sebesar 99,43% dengan melakukan epoch sebanyak 9 kali dan menggunakan optimizer Adamax. Pada Tabel 4 dilakukan epoch sebanyak 9 kali dan 20 batch size dengan learning rate sebesar 0,00001 dengan menggunakan optimizer adamax. Pada epoch pertama, akurasi model mencapai 87.62% dengan loss 0.4346. Seiring bertambahnya epoch, akurasi meningkat signifikan menjadi 99.43% pada epoch kesembilan, sementara nilai loss pelatihan menurun dari 0.4346 menjadi 0.0177, menunjukkan bahwa model semakin efektif dalam mempelajari pola dari data pelatihan. Di sisi validasi, akurasi juga menunjukkan tren positif, dimulai dari 95.92% dan berakhir pada 97.63%, meskipun dengan sedikit fluktuasi dalam nilai loss validasi, yang dimulai dari 0.1367 dan mencapai 0.0878. Meskipun akurasi validasi tidak meningkat secepat akurasi pelatihan, hasil ini tetap menunjukkan bahwa model mampu generalisasi dengan baik pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Secara keseluruhan, model menunjukkan performa yang sangat baik pada akhir pelatihan, mencerminkan kemajuan yang signifikan dalam kemampuan belajar dan generalisasi dari data pelatihan.

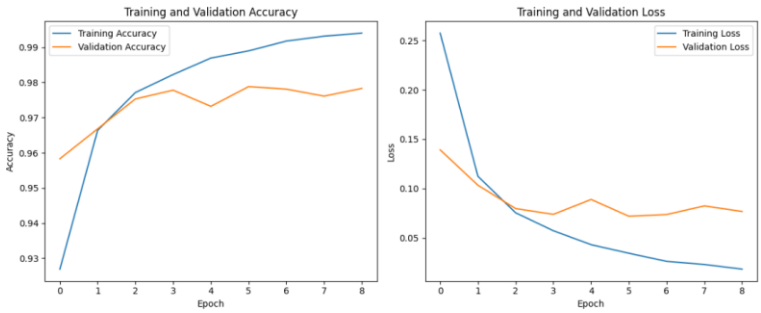
Tabel 4 Hasil Percobaan Penggabungan D dan E

Batch Size	Epoch	Percobaan Penggabungan D				Percobaan Penggabungan E			
		Akurasi	Loss	Vall Akurasi	Loss akurasi	Akurasi	Loss	Vall Akurasi	Loss akurasi

20	1	0.8762	0.4346	0.9592	0.1367	0.8778	0.4319	0.9583	0.1392
20	2	0.9648	0.1219	0.9698	0.0965	0.9645	0.1202	0.9668	0.1034
20	3	0.9770	0.0771	0.9752	0.0831	0.9768	0.0768	0.9753	0.0797
20	4	0.9832	0.0569	0.9754	0.0811	0.9831	0.0554	0.9778	0.0739
20	5	0.9866	0.0446	0.9751	0.0818	0.9879	0.0412	0.9732	0.0890
20	9	0.9943	0.0177	0.9763	0.0878	0.9948	0.0165	0.9783	0.0768



Gambar 4 Hasil Percobaan Penggabungan D



Gambar 5 Hasil Percobaan Penggabungan E

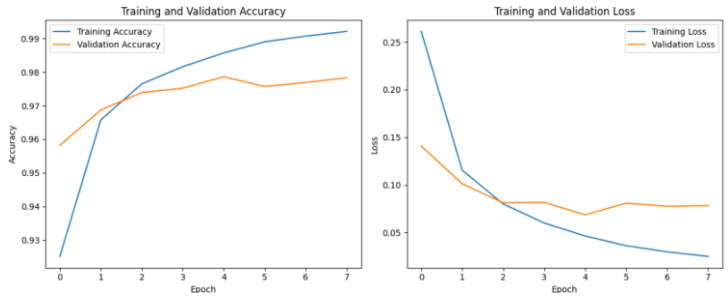
Pada Percobaan E menghasilkan total training akurasi sebesar 99,48% dengan melakukan epoch sebanyak 9 kali dan menggunakan optimizer Adamax. Pada Tabel 4 dilakukan epoch sebanyak 9 kali dan 20 batch size dengan learning rate sebesar 0,00001 dengan menggunakan optimizer adamax. ada epoch pertama, akurasi model mencapai 87.78% dengan loss 0.4319. Seiring bertambahnya epoch, akurasi meningkat secara signifikan menjadi 99.48% pada epoch kesembilan, sementara nilai loss pelatihan menurun dari 0.4319 menjadi 0.0165, menunjukkan bahwa model semakin efektif dalam mempelajari pola dari data pelatihan. Di sisi validasi, akurasi juga menunjukkan tren positif, dimulai dari 95.83% dan berakhir pada 97.83%. Nilai loss validasi berfluktuasi, dimulai dari 0.1392 dan mencapai 0.0768. Meskipun akurasi validasi tidak meningkat secepat akurasi pelatihan, hasil ini menunjukkan bahwa model mampu generalisasi dengan baik pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Secara keseluruhan, model menunjukkan performa yang sangat baik pada akhir pelatihan, mencerminkan kemajuan signifikan dalam kemampuan belajar dan generalisasi dari data pelatihan.

Pada Percobaan F menghasilkan total training akurasi sebesar 99,23% dengan melakukan epoch sebanyak 8 kali dan menggunakan optimizer Adamax. Pada Tabel 5 dilakukan epoch sebanyak 9 kali dan 20 batch size dengan learning rate sebesar 0,00001 dengan menggunakan optimizer adamax. Pada epoch pertama, akurasi model mencapai 87.37% dengan loss sebesar 0.4416. Seiring bertambahnya epoch, akurasi meningkat secara signifikan menjadi 99.23% pada epoch kedelapan, sementara nilai loss pelatihan menurun dari 0.4416 menjadi 0.0243, menunjukkan peningkatan efektivitas model dalam mempelajari pola dari data pelatihan. Di sisi validasi, akurasi juga menunjukkan tren positif, dimulai dari 95.82% dan berakhir di 97.83%. Nilai loss validasi bervariasi, dimulai dari 0.1408 dan

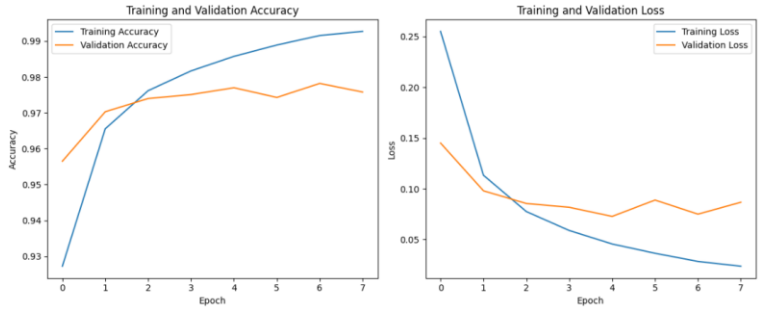
turun menjadi 0.0783. Meskipun akurasi validasi tidak meningkat secepat akurasi pelatihan, hasil ini menunjukkan bahwa model mampu generalisasi dengan baik pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Secara keseluruhan, model menunjukkan performa yang sangat baik pada akhir pelatihan, mencerminkan kemajuan yang signifikan dalam kemampuan belajar dan generalisasi dari data pelatihan.

Tabel 5 Hasil Percobaan Penggabungan F dan G

Batch Size	Epoch	Percobaan Penggabungan F				Percobaan Penggabungan G			
		Akurasi	Loss	Vall Akurasi	Loss akurasi	Akurasi	Loss	Vall Akurasi	Loss akurasi
20	1	0.8737	0.4416	0.9582	0.1408	0.8781	0.4327	0.9565	0.1450
20	2	0.9632	0.1257	0.9687	0.1011	0.9640	0.1199	0.9703	0.0980
20	3	0.9770	0.0809	0.9739	0.0813	0.9758	0.0782	0.9740	0.0855
20	4	0.9820	0.0596	0.9752	0.0817	0.9816	0.0578	0.9751	0.0817
20	5	0.9870	0.0437	0.9786	0.0686	0.9870	0.0430	0.9770	0.0727
20	8	0.9923	0.0243	0.9783	0.0783	0.9958	0.0225	0.9758	0.0867



Gambar 6 Hasil Percobaan Penggabungan F



Gambar 7 Hasil Percobaan Penggabungan G

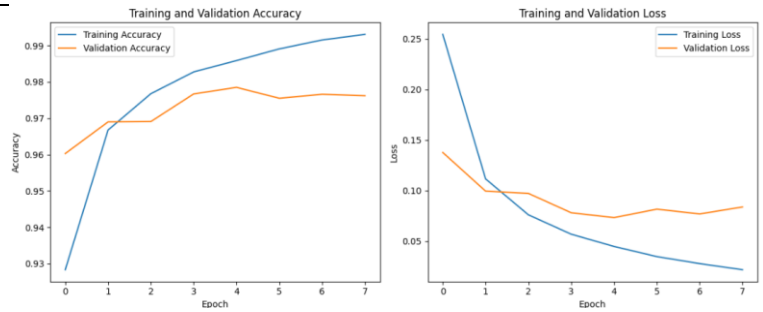
Pada Percobaan G menghasilkan total training akurasi sebesar 99,58% dengan melakukan epoch sebanyak 8 kali dan menggunakan optimizer Adamax. Pada Tabel 5 dilakukan epoch sebanyak 9 kali dan 20 batch size dengan learning rate sebesar 0,00001 dengan menggunakan optimizer adamax. Pada epoch pertama, akurasi model mencapai 87.81% dengan loss sebesar 0.4327. Seiring bertambahnya epoch, akurasi meningkat secara signifikan hingga mencapai 99.58% pada epoch kedelapan, sementara nilai loss pelatihan menurun dari 0.4327 menjadi 0.0225, menandakan bahwa model semakin efektif dalam mempelajari pola dari data pelatihan.Di sisi validasi, akurasi juga menunjukkan tren positif, dimulai dari 95.65% dan berakhir di 97.58%. Nilai loss validasi berfluktuasi, dimulai dari 0.1450 dan mencapai 0.0867. Meskipun akurasi validasi tidak meningkat secepat akurasi pelatihan, hasil ini tetap menunjukkan bahwa model mampu generalisasi dengan baik pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Secara keseluruhan, model menunjukkan performa yang sangat baik pada akhir pelatihan, mencerminkan kemajuan yang signifikan dalam kemampuan belajar dan generalisasi dari data pelatihan.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

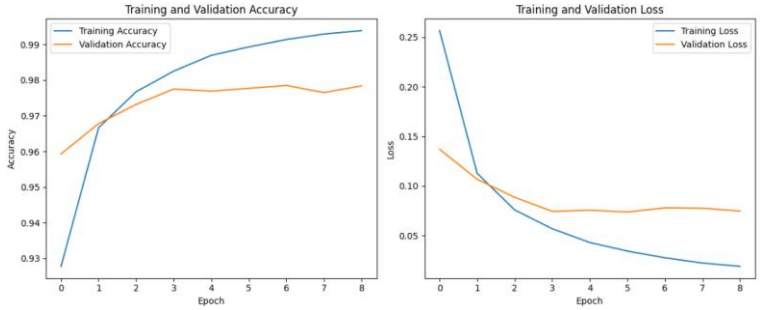
Pada Percobaan H menghasilkan total training akurasi sebesar 99,39% dengan melakukan epoch sebanyak 8 kali dan menggunakan optimizer Adamax. Pada Tabel 6 dilakukan epoch sebanyak 9 kali dan 20 batch size dengan learning rate sebesar 0,00001 dengan menggunakan optimizer adamax. Pada epoch pertama, akurasi model mencapai 88.02% dengan loss sebesar 0.4269. Seiring bertambahnya epoch, akurasi meningkat secara signifikan menjadi 99.39% pada epoch kedelapan, sementara nilai loss pelatihan menurun dari 0.4269 menjadi 0.0205, menunjukkan bahwa model semakin efektif dalam mempelajari pola dari data pelatihan. Di sisi validasi, akurasi juga menunjukkan tren positif, dimulai dari 96.03% dan berakhir di 97.62%. Nilai loss validasi berfluktuasi, dimulai dari 0.1378 dan mencapai 0.0839. Meskipun akurasi validasi tidak meningkat secepat akurasi pelatihan, hasil ini menunjukkan bahwa model mampu generalisasi dengan baik pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Secara keseluruhan, model menunjukkan performa yang sangat baik pada akhir pelatihan, mencerminkan kemajuan yang signifikan dalam kemampuan belajar dan generalisasi dari data pelatihan

Tabel 6 Hasil Percobaan Penggabungan H dan I

Batch Size	Epoch	Percobaan Penggabungan H				Percobaan Penggabungan I			
		Akurasi	Loss	Vall Akurasi	Loss akurasi	Akurasi	Loss	Vall Akurasi	Loss akurasi
20	1	0.8802	0.4269	0.9603	0.1378	0.8824	0.4290	0.9593	0.1370
20	2	0.9643	0.1212	0.9690	0.0995	0.9654	0.1194	0.9678	0.1067
20	3	0.9766	0.0757	0.9691	0.0973	0.9771	0.0762	0.9732	0.0886
20	4	0.9827	0.0567	0.9767	0.0782	0.9828	0.0557	0.9775	0.0744
20	5	0.9868	0.0436	0.9785	0.0734	0.9880	0.0409	0.9769	0.0757
20	8	0.9939	0.0205	0.9762	0.0839	0.9948	0.0172	0.9784	0.0748



Gambar 8 Hasil Percobaan Penggabungan H



Gambar 9 Hasil Percobaan Penggabungan I

Pada Percobaan I menghasilkan total training akurasi sebesar 99,48% dengan melakukan epoch sebanyak 8 kali dan menggunakan optimizer Adamax. Pada Tabel 6 dilakukan epoch sebanyak 9 kali dan 20 batch size dengan learning rate sebesar 0,00001 dengan menggunakan optimizer adamax. Pada epoch pertama, akurasi model mencapai 88.24% dengan loss sebesar 0.4290. Seiring bertambahnya epoch, akurasi meningkat secara signifikan menjadi 99.48% pada epoch kedelapan, sementara nilai loss pelatihan menurun dari 0.4290 menjadi 0.0172, menandakan peningkatan efektivitas model

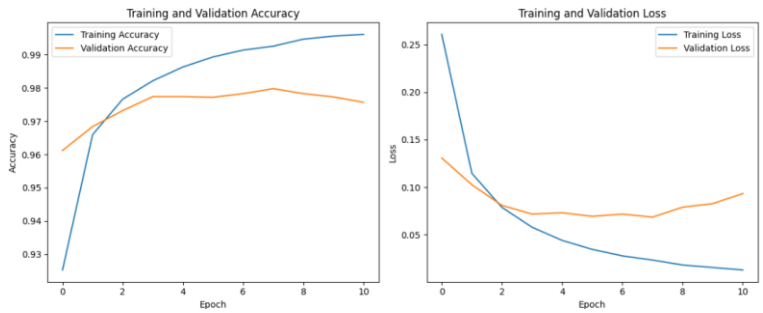
© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

dalam mempelajari pola dari data pelatihan. Di sisi validasi, akurasi juga menunjukkan tren positif, dimulai dari 95.93% dan berakhir di 97.84%. Nilai loss validasi bervariasi, dimulai dari 0.1370 dan mencapai 0.0748. Meskipun akurasi validasi tidak meningkat secepat akurasi pelatihan, hasil ini menunjukkan bahwa model mampu generalisasi dengan baik pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Secara keseluruhan, model menunjukkan performa yang sangat baik pada akhir pelatihan, mencerminkan kemajuan signifikan dalam kemampuan belajar dan generalisasi dari data pelatihan.

Pada Percobaan J menghasilkan total training akurasi sebesar 99,71% dengan melakukan epoch sebanyak 11 kali dan menggunakan optimizer Adamax. Pada Tabel 7 dilakukan epoch sebanyak 9 kali dan 20 batch size dengan learning rate sebesar 0,00001 dengan menggunakan optimizer adamax. Pada epoch pertama, akurasi model mencapai 87.43% dengan loss sebesar 0.4365. Seiring bertambahnya epoch, akurasi meningkat signifikan menjadi 99.71% pada epoch kesebelas, sementara nilai loss pelatihan menurun dari 0.4365 menjadi 0.0109, menunjukkan bahwa model semakin efektif dalam mempelajari pola dari data pelatihan. Di sisi validasi, akurasi juga menunjukkan tren positif, dimulai dari 96.12% dan berakhir di 97.57%. Nilai loss validasi berfluktuasi, dimulai dari 0.1307 dan mencapai 0.0933. Meskipun akurasi validasi tidak meningkat secepat akurasi pelatihan, hasil ini menunjukkan bahwa model mampu generalisasi dengan baik pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Secara keseluruhan, model menunjukkan performa yang sangat baik pada akhir pelatihan, mencerminkan kemajuan yang signifikan dalam kemampuan belajar dan generalisasi dari data pelatihan.

Tabel 7 Hasil Percobaan Penggabungan J

Batch Size	Epoch	Akurasi	Loss	Vall Akurasi	Loss akurasi
20	1	0.8743	0.4365	0.9612	0.1307
20	2	0.9644	0.1228	0.9684	0.1026
20	3	0.9779	0.0783	0.9732	0.0808
20	4	0.9840	0.0533	0.9774	0.0717
20	5	0.9873	0.0415	0.9774	0.0731
20	11	0.9971	0.0109	0.9757	0.0933



Gambar 10 Hasil Percobaan Penggabungan J

Pada percobaan penggabungan data dilakukan sebanyak 10 kali percobaan dengan menggunakan sampel yang berbeda setiap percobaan yang dilakukan. Tabel 8 menampilkan sampel pada setiap percobaan dan menampilkan rangkuman hasil percobaan yang dilakukan pada masing-masing sampel. Berdasarkan data hasil percobaan yang telah ditampilkan pada Tabel 8 dapat dilihat bahwa nilai akurasi tertinggi didapatkan pada percobaan J dengan besaran akurasi mencapai 99,71% dan dengan epoch = 11. Banyaknya nilai epoch ini dipengaruhi oleh banyaknya data set yang digunakan. Dapat dilihat pada Tabel 8 bahwasanya sampel yang digunakan pada percobaan C

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

mencakup persamaan umum kuadrat dengan operasi penjumlahan dan pengurangan. Namun, untuk nilai akurasi terkecil diperoleh pada percobaan A dengan besaran akurasi 98,73% dengan epoch =5. Hal ini dipengaruhi oleh data set yang digunakan pada percobaan A merupakan yang terkecil dibandingkan pada percobaan lainnya.

Pada pengujian model CNN juga dilakukan sebanyak 10 percobaan dengan menggunakan sampel yang sama pada pecobaan penggabungan. Tabel 8 menampilkan rangkuman hasil pengujian model CNN pada masing-masing percobaan. Berdasarkan Tabel 8 dapat dilihat bahwa hasil pengujian model CNN tertinggi diperoleh pada percobaan A dan B sebesar 98% dan yang terendah diperoleh pada percobaan D sebesar 97,3%.

Tabel 8 Sampel Percobaan dan hasil percobaan serta pengujian Model CNN

Percobaan	Sampel	Percobaan Peggabungan		Pengujian Model CNN
		Akurasi (%)	Epoch	Akurasi
A	X	98,73	5	98
B	X^2	99,51	9	98
C	AX^2	99,46	8	97,57
D	$AX^2 +$ $AX^2 -$	99,43	9	97,3
E	$AX^2 + B$ $AX^2 - B$	99,48	9	97,5
F	$AX^2 + BX$ $AX^2 - BX$	99,23	8	97,7
G	$AX^2 + BX +$ $AX^2 - BX +$ $AX^2 + BX -$ $AX^2 - BX -$	99,58	8	97,4
H	$AX^2 + BX + C$ $AX^2 - BX + C$ $AX^2 + BX - C$ $AX^2 - BX - C$	99,39	8	97,6
I	$AX^2 + BX + C =$ $AX^2 - BX + C =$ $AX^2 + BX - C =$ $AX^2 - BX - C =$	99,48	8	97,5
J	$AX^2 + BX + C = D$ $AX^2 - BX + C = D$ $AX^2 + BX - C = D$ $AX^2 - BX - C = D$	99,71	11	97,5

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengenalan rumus-rumus matematika menggunakan jaringan syaraf tiruan backpropogation convulutional neural network dapat ditarik beberapa kesimpulan: Melalui penelitian yang dilakukan, diperoleh bahwa Algoritma Deep learning dalam pengenalan rumus rumus matematika menggunakan metode CNN dapat memberikan hasil yang akurat pada setiap citra gambar yang dihasilkan. Terdapat sebanyak 20 batchsize 5 hidden layer, 5 epoch, dan juga learning rate sebanyak 0,0001 yang dilakukan agar mendapatkan hasil yang cukup baik pada penelitian ini; Melalui penelitian yang dilakukan, bahwa metode Convolutional Neural Network dapat mengindetifikasi bilangan polynomial berderajat dua variabel satu dengan hasil yang akurat dan sangat baik. Dan dengan metode convolutional neural netowrk dapat diperoleh gambar grafik berserta hasil titik puncak, titik potong dan akar yang di dapat dari data uji; Algoritma Deep

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Learning Dalam pengenalan rumus rumus matematika memiliki tingkat akurasi yang cukup baik. Tingkat akurasi yang diperoleh pada data pelatihan adalah 97%. Hasil pada tingkat akurasi dapat menunjukkan bahwa Metode CNN dapat diandalkan untuk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada pemberi dana penelitian atau donatur. Ucapan terima kasih dapat juga disampaikan kepada pihak-pihak yang membantu pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Ilahiyah S, & Nilogiri A. (2018). Implementasi Deep Learning Pada Identifikasi Jenis Tumbuhan Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Convolutional Neural Network _ Ilahiyah _ JUSTINDO (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi Indonesia). *JUSTINDO(Jurnal Sistem & Teknologi Informasi Indonesia)*, *3*(2), 49–56.

Lubis, J. R., Fauzi, R., Fauzan, M., & Sari, L. P. (2019). Rumus Matematika Sekolah Dasar Berbasis Android Menggunakan Adt (Android Developer Tools). *Jurnal Education and Development*, *7*(1), 103. https://doi.org/10.37081/ed.v7i1.785

Nugroho, P. A., Fenriana, I., Arijanto, R., & Kom, M. (2020). *Implementasi Deep Learning Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Pada Ekspresi Manusia*. *1*.

Oei, Darmawan, E. W., & Antonius, S. E. (2017). Menemukan Akar Persamaan Polinomial Menggunakan Particle Swarm Optimization. *Jurnal*, *1*(1), 35–43.

Raup, A., Ridwan, W., Khoeriyah, Y., Supiana, S., & Zaqiah, Q. Y. (2022). Deep Learning dan Penerapannya dalam Pembelajaran. *JIIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, *5*(9), 3258–3267. https://doi.org/10.54371/jiip.v5i9.805

Robbany Arham, H. (2022). Analisis Kemampuan Pemahaman Matematis Siswa Dalam Menyelesaikan Soal Matematika Dasar. *Didactical Mathematics*, *4*(2), 314–322. https://doi.org/10.31949/dm.v4i2.2148

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengaruh Model Pembelajaran PBL Berbantuan *Canva* terhadap Hasil Belajar HOTS Materi Menggunakan Data Kelas VII

Nimas Anaiyah
[1]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
Coresponding Author:nimasanaiya@gmail.com

Abstrak, menggunakan sampel Kelas VII SMP Negeri 3 Percut Sei Tuan, penelitian ini mencoba untuk mengetahui bagaimana pendekatan pembelajaran berbasis masalah (PBL) mempengaruhi hasil belajar materi HOTS. Faktanya, nilai KKM matematika kedua kelas yang diteliti masih tergolong rendah. Dengan menggunakan desain kelompok kontrol pretest-posttest dan metodologi penelitian kuasi-eksperimental, purposive sampling digunakan untuk pengambilan sampel. Sebanyak 60 siswa dari dua kelas dijadikan sampel penelitian ini. Tes digunakan untuk menerapkan strategi pengumpulan data. Sebelum dan sesudah ujian, rata-rata nilai belajar kelompok kontrol berkisar antara 48,57 hingga 78,57, sedangkan rata-rata nilai belajar kelompok eksperimen berkisar antara 48,90 hingga 81,90. Dengan software SPSS versi 26, analisis data menggunakan uji Independent Samples T test menghasilkan angka probabilitas (tanda tangan) sebesar 0,000 < 0,05. Dengan menggunakan data Kelas VII SMP Negeri 3 Percut Sei Tuan, pengujian hipotesis menunjukkan bahwa model pembelajaran berbasis masalah berpengaruh terhadap hasil belajar materi HOTS. Kelas menengah yang menggunakan model pembelajaran PBL pada Materi Menggunakan Data berbeda jauh dengan kelas yang menggunakan teknik konvensional, hal itu dapat ditentukan.
Kata kunci: Pembelajaran Berbasis Masalah, HOTS, dan Hasil Belajar

Abstract*, Using Class VII data from SMP Negeri 3 Percut Sei Tuan, this study attempts to ascertain how the problem-based learning (PBL) approach affects HOTS material learning outcomes. In fact, the KKM scores in mathematics for the two classes under study remained comparatively low. Using a pretest-posttest control group design and a quasi-experimental research methodology, purposive sampling was employed for sampling. A total of 60 students from two classes made up this research sample. Tests are used to implement data collection strategies. Prior to and following the exam, the control group's average learning score ranged from 48.57 to 78.57, whereas the experimental group's ranged from 48.90 to 81.90. With SPSS version 26 software, data analysis using the Independent Samples T test yields a probability number (signature) of 0.000 < 0.05. Using Class VII data from SMP Negeri 3 Percut Sei Tuan, hypothesis testing demonstrates that the problem-based learning model affects the learning outcomes of HOTS material. The intermediate class, which employs the PBL learning model in Material Using Data, differs significantly from the class that employs conventional techniques, it may be determined.*
Keywords*: Problem-Based Learning, HOTS, and Learning Outcomes*

Citation : Anaiyah, N. (2024). Pengaruh Model Pembelajaran PBL Berbantuan Canva terhadap Hasil Belajar HOTS Materi Menggunakan Data Kelas VII. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 115 – 121

PENDAHULUAN

Pendidikan adalah landasan bagi kemajuan individu dan masyarakat secara keseluruhan, dan guru memainkan peran kunci dalam memfasilitasi pembelajaran siswa. Dalam hal ini penting bagi guru untuk menggunakan model pembelajaran yang berbeda-beda agar setiap siswa mencapai potensi belajarnya. Model pembelajaran ini tidak hanya membantu menanamkan pengetahuan, namun juga melibatkan siswa dalam proses pembelajaran, memperkuat pemahaman konsep, dan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

membangun keterampilan yang diperlukan untuk sukses di dunia nyata. Salah satu alasan utama penggunaan model pembelajaran dalam pengajaran di kelas adalah untuk mengakomodasi gaya belajar siswa yang berbeda. Model pembelajaran yang mendorong siswa memecahkan masalah adalah Problem Based Learning (PBL). Model ini membantu siswa mengembangkan keterampilan berpikir kritis. Siswa diminta untuk memecahkan masalah dunia nyata, mengidentifikasi informasi yang relevan, dan merencanakan solusi. Hal ini membantu mereka mengembangkan keterampilan berpikir analitis, yang penting dalam matematika dan kehidupan sehari-hari (Savery & Duffy dalam Mayer & Alexander, 2017). Kemampuan siswa dalam menyerap materi pembelajaran dan menghubungkannya dengan kehidupan nyata sangat minim karena kegiatan pembelajaran yang dilakukan guru masih berbasis metode ceramah sehingga sangat mempengaruhi hasil belajarnya.

Nasution & Tarigan, (2017) juga sependapat dengan mengatakan bahwa PBL mendorong keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran. Siswa sering kali menjadi penerima pasif informasi, pendekatan PBL memberikan kesempatan bagi siswa untuk berperan aktif dalam menyelidiki masalah, berkolaborasi dengan teman sebaya, dan mencari solusi bersama-sama. Hal ini membantu meningkatkan motivasi intrinsik siswa dan memperkuat pemahaman mereka atas konsep-konsep matematika. Selain itu, PBL juga memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan analitis. Dalam lingkungan pembelajaran PBL, siswa harus mengidentifikasi masalah, menganalisis informasi yang relevan, dan merencanakan pendekatan untuk menyelesaikannya (Rahayu & Harjono, 2018). Proses ini membantu siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir analitis yang penting dalam memahami dan mengaplikasikan konsep matematika.

Nasution & Tarigan (2017) juga mengatakan bahwa PBL mendorong partisipasi aktif siswa dalam pembelajaran. Siswa seringkali menjadi penerima informasi yang pasif. Pendekatan PBL memberikan kesempatan kepada siswa untuk berperan aktif dalam mengkaji permasalahan, berkolaborasi dengan sesama siswa, dan mencari solusi bersama. Hal ini membantu meningkatkan motivasi intrinsik siswa dan memperkuat pemahaman konsep matematika. Selain itu, PBL juga memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan analitis. Siswa harus mengenali masalah, mengevaluasi data terkait, dan merancang solusi dalam lingkungan pembelajaran PBL (Rahayu & Harjono, 2018). Siswa memperoleh kemampuan berpikir analitis melalui proses ini, yang bermanfaat untuk memahami dan menggunakan ide-ide matematika.

Materi penggunaan data sekolah menengah merupakan bagian dari kurikulum matematika yang fokus pada pengumpulan, pengolahan, dan penyajian data. Materi ini mengajarkan siswa berbagai metode untuk menyajikan data secara visual dan komprehensif. Konsep-konsep utama yang biasanya diajarkan di sekolah menengah dengan menggunakan data meliputi memahami data, mengumpulkan data, mengolah data, dan menyajikan data. Siswa memahami apa itu data, apa jenis datanya (kualitatif dan kuantitatif) dan apa saja sumber datanya. Pada materi penggunaan data, siswa mempelajari cara mengelompokkan data menggunakan kategori dan menghitung ukuran konsentrasi data (mean/rata-rata, median, dan modus). Siswa kemudian juga belajar menggunakan tabel frekuensi untuk menampilkan data secara sistematis dan membuat serta membaca histogram.

Dalam PBL, siswa ditantang untuk berpikir secara kritis tentang masalah yang mereka hadapi. Mereka harus menganalisis situasi dengan cermat, mengevaluasi informasi yang diperoleh, dan merumuskan solusi yang masuk akal. Proses ini secara alami merangsang pemikiran kritis dan digunakan untuk menganalisis data yang mereka temukan dan yang mereka pelajari. Mereka

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

mempelajari dan berfikir mengenai histogram, tabel frekuensi sebagai tempat atau cara lain dalam menyajikan data. Dengan kemampuan berfikir yang kristis, siswa diharapkan mampu menjawab pertanyaan HOTS dengan lebih efektif. Dengan pembelajaran PBL guru merancang strategi pembelajaran yang memungkinkan siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis mereka melalui latihan, diskusi, dan refleksi. Dengan demikian, siswa akan lebih siap dan mampu dalam menjawab pertanyaan-pertanyaan HOTS yang diajukan kepada mereka.

Guru dapat menggunakan taktik pembelajaran yang bervariasi, seperti memberikan tugas dengan tingkat kesulitan yang berbeda-beda dan memberikan dukungan ekstra bagi individu yang memerlukannya, untuk memenuhi beragam kebutuhan pembelajaran siswanya di kelas yang heterogen. Tapi butuh banyak waktu untuk melakukan ini. Para guru kesulitan menemukan waktu untuk memenuhi kebutuhan anak-anak yang bervariasi ini ketika sekolah memiliki akses yang memadai terhadap teknologi yang berguna untuk data, seperti PC dan perangkat lunak seperti Google Sheets atau Excel. Aplikasi Canva, sebuah platform digital yang memungkinkan pembuatan desain dengan beragam fitur menarik, antara lain: presentasi, poster, infografis, brosur, film, dll, juga dapat digunakan untuk memaksimalkan hal tersebut (Rohayati, 2022). Perangkat lunak Canva memungkinkan pendidik merancang dan memproduksi sumber daya pendidikan mereka sendiri, termasuk video, suara, dan grafik, dengan tujuan menarik minat siswa dan memicu semangat mereka untuk belajar. Tantangan siswa dalam pendidikan matematika terkait penggunaan data meliputi kurangnya pengetahuan tentang teknik pengumpulan data seperti survei, wawancara, observasi, dan penggunaan data sekunder. Rendahnya minat dan motivasi belajar siswa disebabkan oleh kurangnya pemahaman terhadap topik mata kuliah dan kurangnya orisinalitas dalam kegiatan pembelajaran. Siswa pada kelas tertentu juga memiliki hasil belajar matematika yang buruk.

Secara umum, hasil belajar mencakup pemahaman konsep, kemampuan untuk mengaplikasikan pengetahuan dalam konteks nyata, keterampilan *problem-solving*, serta perkembangan sikap, nilai, dan perilaku yang diharapkan (Mayer, *et al*., 2023). Hasil belajar merupakan indikator utama dari efektivitas pendidikan, mencerminkan seberapa jauh siswa telah menguasai materi pelajaran, keterampilan, dan sikap yang diajarkan dalam konteks pembelajaran. Pemahaman yang mendalam tentang hasil belajar memungkinkan pendidik untuk mengevaluasi efektivitas pengajaran mereka, serta memberikan umpan balik yang relevan untuk meningkatkan proses pembelajaran. Dengan perubahan terus menerus dalam pendidikan dan penelitian terbaru, konsep dan praktik terkait hasil belajar terus berkembang untuk memenuhi kebutuhan siswa dan memajukan kualitas pendidikan. Durlak *et al*. (2020) menekankan pentingnya pendidikan yang holistikdalam mencapai hasil belajar yang optimal. Menilai hasil belajar dengan cakupan yang lebih luas memungkinkan pendidik untuk mengembangkan program pembelajaran yang lebih seimbang dan relevan bagi kebutuhan siswa.

Sehingga, berdasarkan data hasil belajar yang diperoleh dari guru, kedua kelas tersebut mempunyai persentase siswa yang belum mencapai nilai KKM minimal. Nilai KKM mata pelajaran Matematika di sekolah ini adalah 75 dan di Kelas VII-5 terdapat 23 siswa yang nilainya di bawah 75 sedangkan di Kelas VII-7 terdapat 22 siswa yang nilainya di bawah 75. Berdasarkan fakta diatas maka penulis akan melakukan penelitian dengan menggunakan model PBL dalam bahan ajar dengan menggunakan data. Judul penelitian ini adalah: "Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Canva Terhadap Hasil Belajar HOTS Materi Menggunakan Data Kelas VII di SMP Negeri 3 Percut Sei Tuan."

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen kuantitatif dan menggunakan quasi eksperimen yang artinya terdapat kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Eksperimen semu ini menggunakan desain kelompok kontrol pretest-posttest. Alasan penggunaan desain kelompok kontrol pretest-posttest adalah karena dalam desain ini kelompok eksperimen dan kelompok kontrol tidak dipilih secara acak. Tabel 1 menunjukkan desain kelompok kontrol pretest-posttest.

Tabel 1. *Pretest-Posttest Control Group Design*

Kelompok	Pretes	Perlakuan	Postes
Eksperimen	Y_1	X	Y_2
Kontrol	Y_1	-	Y_2

Keterangan; Y_1 = *Pre-test;* Y_2 = *Post-test;* X=Metode pembelajaran PBL

SMP Negeri 3 Percut Sei Tuan menjadi tempat penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni hingga Agustus 2024. Metode target sampling dalam penelitian ini mengacu pada pengambilan sampel yang didasarkan pada keprihatinan tertentu. Menurut para pendidik, pengambilan sampel harus mewakili total populasi. Sampel penelitian ini adalah kelas VII-5 yang merupakan kelas eksperimen dengan model pembelajaran berbasis masalah yang didukung Canva, dan kelas VII-7 yang merupakan kelas kontrol dengan pendekatan konvensional. Dengan menggunakan data Kelas VII SMP Negeri 3 Percut Sei Tuan, hipotesis penelitiannya adalah H_a: Model pembelajaran berbasis masalah dengan bantuan Canva memberikan pengaruh terhadap hasil belajar HOTS materi, dan H_0: Model pembelajaran berbasis masalah dengan bantuan Canva tidak berpengaruh terhadap hasil belajar HOTS materi.

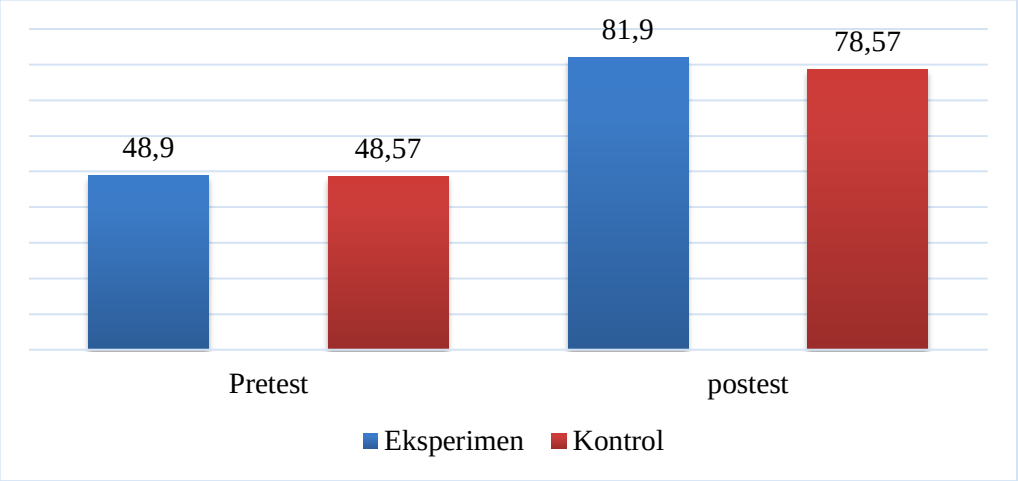
Tabel 2. Indikasi HOTS

HOTS	Indikator
Menganalisis (C4)	Siswa dapat menunjukkan aspek apa saja ada hubungannya dengan kemampuan mengkritik.
Mengevaluasi (C5)	Siswa mampu mengambil keputusan sendiri pilihlah jenis opsi yang lebih menguntungkan bila dipilih.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pre-test dan post-test siswa digunakan untuk mengumpulkan data pada penelitian ini, yang berlangsung dari bulan Juni hingga Agustus 2024. Pendekatan PBL yang didukung Canva digunakan untuk memperlakukan pembelajaran kelas eksperimen. Siswa pada kelas eksperimen dievaluasi menggunakan ujian hasil belajar. Pada kelas kontrol, model pembelajaran tradisional berfungsi sebagai kelompok pembanding. Penelitian ini menyelidiki dengan menggunakan data. Pada sesi pertama dibahas mean, median, modus dan histogram, dilanjutkan dengan diskusi kelompok, pada sesi kedua dibahas lembar kerja siswa terkait permasalahan yang akan diselesaikan. Pada pertemuan ketiga, kelompok melakukan penelitian lebih lanjut mengenai mean, median, modus, dan histogram. Sebelum melaksanakan pembelajaran pada kedua kelas dilakukan pretest untuk mengukur keterampilan awal siswa pada kedua kelompok. Setelah dilaksanakan pembelajaran menggunakan model PBL berbantuan Canva pada kelas eksperimen dan model konvensional pada kelas kontrol, hasil belajar siswa dicatat dan dianalisis secara deskriptif, seperti terlihat pada gambar 1.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan



Gambar 1. Grafik Hasil Belajar

Gambar 1 memberikan penjelasan hasil belajar kelompok eksperimen dan kontrol dari pretest dan posttest. Kelompok eksperimen mendapat skor 48,90 pada pretest, dibandingkan dengan 48,57 pada kelompok kontrol. Kelompok eksperimen memperoleh nilai posttest sebesar 81,90, sedangkan kelompok kontrol memperoleh nilai sebesar 78,57. Hasil uji normalitas lebih tinggi dari taraf signifikansi 0,05 atau 5% yang ditunjukkan dengan nilai 0,633 > 0,05 yang diperoleh dari uji normalitas Shapiro-Wilk dan plot QQ. Temuan ini menunjukkan bahwa kedua kumpulan data mempunyai distribusi normal. Setelah data berdistribusi normal, uji homogenitas dilakukan pada kedua kelas. Meskipun kelas kontrol menggunakan paradigma tradisional, kelas eksperimen mengadopsi model PBL dengan bantuan Canva. Hasil uji menunjukkan bahwa nilai *Sig Based On* Mean lebih tinggi dari 0,05. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa kelas eksperimen dan kontrol posttest mempunyai varian data yang sama atau homogen. Apabila uji hipotesis menggunakan Independent *Sample t-Test*, diperoleh nilai signifikansi hasil belajar sebesar 0,000 < 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa hasil belajar berbeda antara kelas eksperimen yang menggunakan paradigma PBL berbantuan Canva dan kelas kontrol yang menggunakan model tradisional.

Hasil penelitian menunjukkan peningkatan hasil belajar peserta didik di kelas eksperimen; nilai rata-rata 48,90 dan 81,90 pada *pretest* menunjukkan peningkatan. Selain melihat hasil belajar siswa yaitu *pretest*, siswa juga dapat dievaluasi dengan melihat proses yang dilalui kelompok dalam mencapai hasil tersebut. Prosesyang dilalui siswa dalam belajar merupakan indikator yang tak kalah penting untuk mengungkap potensi dan perkembangan mereka (Ryan & Deci, 2019; Brackett & Rivers, 2021).

Menurut Dolman dkk. (2016), paradigma pembelajaran PBL dapat mendorong pengembangan kemampuan penelitian ilmiah yang kritis seperti mengembangkan pertanyaan penelitian, merencanakan eksperimen, dan menafsirkan temuan. Namun, PBL memerlukan prosedur penyelesaian masalah yang berlarut-larut, dimulai dengan identifikasi masalah dan berlanjut melalui pengumpulan dan analisis data hingga pengembangan solusi. Hal ini dapat memakan waktu cukup lama, khususnya jika siswa tidak terbiasa dengan gaya pengajaran seperti ini. Partisipasi aktif siswa dalam proses pembelajaran dapat ditingkatkan dengan menggunakan pendekatan yang berpusat pada siswa, paradigma pembelajaran berbasis masalah. Siswa didorong untuk mengambil bagian dalam proses penyelesaian masalah yang berkaitan dengan skenario dunia nyata. Interaksi kelompok antar siswa juga dianjurkan, dengan fokus pada bagaimana diskusi kelompok dapat membantu siswa menjadi lebih mahir dalam sains.

Selain itu disebutkan bahwa pembelajaran dapat dibuat lebih menarik dengan memanfaatkan media animasi dalam pendekatan pembelajaran PBL. Mereka mengklaim bahwa penggunaan media animasi juga berkontribusi terhadap peningkatan keterlibatan guru-siswa. Hasil uji hipotesis yang dilakukan dengan menggunakan Independent Sample t-Test pada SPSS 26.0 for Windows menunjukkan bahwa hipotesis alternatif diterima dan hipotesis nol ditolak. Hipotesis alternatif menyatakan bahwa hasil sumber belajar berbasis data di perguruan tinggi dipengaruhi oleh teknik PBL dengan bantuan Canva. Hasil ini sesuai dengan penegasan Rohayati (2022) bahwa penggunaan Canva dalam dunia pendidikan berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar siswa dan menumbuhkan pemikiran kritis pada siswa melalui pemanfaatan sumber belajar Canva.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran PBL berbantuan Canva berpengaruh terhadap hasil belajar siswa kelas VII di SMP Negeri 3 Percut Sei Tuan pada materi menggunakan data. Hal ini dibuktikan dengan nilai signifikansi yang diperoleh, yaitu sig (2-tailed) sebesar 0,000, yang lebih kecil dari 0,05, sehingga H_1 diterima dan H_0 ditolak. Selain itu, ditemukan beberapa kesalahan siswa dalam hasil belajar pada materi menggunakan data, di antaranya adalah pemahaman konsep yang masih lemah, kesalahan dalam membaca dan memahami soal, kurangnya penguasaan keterampilan dasar, serta kesalahan dalam operasional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini berhasil. Atas doa dan dukungannya, kami ucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada orang tua dan kakak-kakak saya yang telah membantu terselesaikannya penelitian ini. Selain itu ucapan terima kasih khusus juga disampaikan kepada SMP Negeri 3 Percut Sei Tuan atas bantuannya terhadap pekerjaan peneliti.

DAFTAR PUSTAKA

Dolmans, D.H.J.M., Loyens, S.M.M., Marcq, H. & Gijbels, D. (2016). Deep and Surface Learning in Problem-Based Learning: a review of the literature. *Advances in Health Sciences Education*. 21: 1087-1112. DOI:https://doi.org/10.1007/s10459-015-9645-6

Durlak, J.A., Weissberg, R.P., Dymnicki, A.B., Taylor, R.D., & Schellinger, K.B. (2020). The Impact of Enhancing Students' Social and Emotional Learning: A Meta-Analysis of School-Based Universal Interventions. *Child Development*. 82(1): 405-432.

Haciomeroglu, E. & Can, Y. (2021). Traditional Teaching Approaches and the Impact on Students' Engagement in Mathematics: Insights from Recent Studies. *Journal of Mathematics Education Research*. 14(2): 115-130.

Hattie, J. (2012). *Visible Learning for Teachers: Maximizing Impact on Learning*. Routledge.

Heritage, M. (2021). *Formative Assessment: Improving Learning Outcomes*. Harvard Education Press.

Kim, S., Han, S. & Yang, J. (2020). Effects of Problem-Based Learning on Self- Regulated Learning and Problem-Solving Skills: A Meta-Analysis. *Educational Research Review.*

Lee, J., Hwang, J. & Kim, J. (2017). The Influence of the Physical Learning Environment on Teaching and Learning. *Journal of Educational Technology Systems*. 46(3): 289-311.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Mayer, R.E. & Alexander, P.A. (2017). *Handbook of Research on Learning and Instruction*. Newyork: Routledge.

Mayer, R.E., Stull, A.T. & Deleeuw, K.E. (2023). The Impact of Technology on Feedback and Learning Outcomes. *Educational Psychology Review*. 35(2): 377-391.

Mutakinati, L., Anwari, I. & Kumano, Y. (2018). Analysis of Studentsâ€™ Critical Thinking Skill of Middle School through STEM Education Project- Based Learning. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*. 7(1).

Nasution, Z. & Tarigan, D. (2017). Implementasi Pendekatan Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Dan Prestasi Belajar Matematika Siswa Kelas VII SMPN 3 Tebing Tinggi. Jurnal Paradikma, 10(2), 149-163.

Rohayati, Y. (2022). Pengaruh Pengunaan Media Pembelajaran Aplikasi *Canva* Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas IX pada Mata Pelajaran IPS di SMP Negeri 2 Susukanlebak Kabupaten Cirebon. *Bachelor thesis*. Cirebon: IAIN Syekh Nurjati.

Ryan, R.M. & Deci, E.L. (2019). Basic Psychological Needs: A Self-Determination Theory Perspective on the Promotion of Wellness Across Development and Cultures. In Positive Psychological Approaches to Disaster Resilience. Springer, Cham.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *The Power of Two* Terhadap Keahlian Komunikasi Matematis Siswa

Esterina Elisabet Siahaan[1*], Nurliani Manurung[2], Philips Pasca G. Siagian[3]
[1,2,3]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author: esterina.eli30@gmail.com*

Abstrak, Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peningkatan keahlian komunikasi matematis siswa yang menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe TPoT dibandingkan dengan model pembelajaran konvensional di SMP Prayatna Medan tahun ajaran 2024/2025. Menggunakan metode kuantitatif dengan desain quasi experiment, penelitian ini melibatkan dua kelas sampel: kelas IX-1 sebagai kelas eksperimen yang menerapkan model TPoT dan kelas IX-2 sebagai kelas kontrol dengan metode konvensional pada materi refleksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelas eksperimen memperoleh nilai N-Gain 0,7146 (kategori tinggi), sedangkan kelas kontrol memperoleh nilai N-Gain 0,5619 (kategori sedang). Uji hipotesis menunjukkan t_hitung≥t_tabel (2,924≥1,689), yang mengindikasikan adanya pengaruh signifikan model pembelajaran kooperatif tipe TPoT terhadap keahlian komunikasi matematis siswa.
Kata kunci: Komunikasi Matematis; Pembelajaran Kooperatif The Power Of Two

Abstract, *This study aims to analyze the improvement of students' mathematical communication skills using the TPoT cooperative learning model compared to the conventional learning model at SMP Prayatna Medan for the 2024/2025 academic year. Using a quantitative research method with a quasi-experimental design, the study involved two sample classes: Class IX-1 as the experimental class implementing the TPoT model and Class IX-2 as the control class using the conventional method in the topic of reflection. The results showed that the experimental class achieved an N-Gain score of 0.7146 (high category), while the control class obtained an N-Gain score of 0.5619 (moderate category). Hypothesis testing indicated that t_calculated≥t_table (2.924≥1.689), signifying a significant effect of the TPoT cooperative learning model on students' mathematical communication skills.*
Keywords*: Mathematical Communication, Cooperative Learning The Power Of Two*

Citation : Siahaan, E. E., Manurung, N., & Siagian, P. P. G. (2024). Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif TipeThe Power of Two Terhadap Keahlian Komunikasi Matematis Siswa. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024.* 122 – 129

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan faktor krusial dalam mendorong kemajuan suatu negara. Dengan pendidikan yang unggul, sumber daya manusia dapat berkembang secara optimal dan memiliki kualitas tinggi di berbagai bidang, sehingga berkontribusi pada kemajuan bangsa dan negara. Pendidikan tidak terlepas dari aktivitas belajar, oleh sebab itu, agar tercapai kualitas pendidikan yang bermutu dibutuhkan belajar dan latihan. Ditinjau dari KBBI, belajar merupakan upaya mendapat pengetahuan atau ilmu serta mengubah perilaku atau tanggapan yang disebabkan oleh pengalaman. Siregar, B.H., Adriani, & Kairuddin (2018) dalam bukunya yang berjudul *Strategi Belajar Matematika* mengatakan bahwa dalam iplementasinya, belajar adalah proses dan merupakan komponen penting dari pendidikan. Belajar bukan semata-mata mencari dan memperoleh ilmu, namun belajar juga mengubah tingkah laku yang diperoleh berdasarkan pengalaman. Sehingga dapat

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dinyatakan pendidikan itu merupakan tahapan pembelajaran, yang bermaksud memperluas potensi intelektual, akal budi, kemahiran, ilmu, dan nilai etis pada seseorang.

Kemajuan IPTEK sangat dipengaruhi oleh matematika, yang merupakan salah satu cabang ilmu pendidikan. Dengan adanya pengkajian matematika, seseorang diasah memahami secara sistematik, nyata, responsif, inovatif, dan selaras. Matematika merupakan disiplin pengetahuan logis yang menelaah singgungan antara metode penalaran, seni, bahasa, dan karena matematika bersifat deduktif, membantu manusia memahami dan menguasai dunia. Belajar matematika artinya kita menyelesaikan permasalahan berdasarkan rancangan-rancangan, strategi berpikir, prosedur-prosedur, motivasi, empati dan dorongan emosi sehingga menciptakan kesimpulan dan tindakan yang logis.

Dewan Nasional Guru Matematika (NCTM) mencantumkan pemecahan masalah (*problem solver*), penalaran dan pembuktian (*reasoning and proof*), komunikasi (*communication*), koneksi (*connection*), dan representasi (*representation*) menjadi lima keahlian matematika dasar yang dimiliki siswa dan perlu dikuasai. Dimana tujuan utama pendidikan matematika bagi siswa adalah untuk menguatkan keahlian komunikasi mereka. Kapasitas untuk menolong siswa dalam mempelajari cara mencari jalan keluar dari masalah dalam berbagai konteks merupakan komponen kunci komunikasi matematika. Konteks ini mencakup penggunaan bahasa atau simbol matematika untuk mengungkapkan kejadian sehari-hari; penulisan matematika; memproyeksikan gambar, diagram, dan tabel ke dalam konsep matematika; dan memberikan penjelasan konsep dan fenomena matematika dalam bahasanya sendiri (Monariska *et al*, 2021:1).

Kemampuan komunikasi matematis adalah keahlian yang berpengaruh karena jika keahlian komunikasi matematis siswa diperluas maka siswa dapat mengunggulkan jalan pikiran sehingga keahlian peserta didik akan menguat dalam melihat kaitan antar tiap konten matematika, mengunggulkan keahlian perhitungan, mengunggulkan keahlian penyelesaian soal, memperluas kemampuan diri, menguatkan keahlian sosial, serta mengunggulkan keahlian penalaran kritis, masuk akal, serta kecerdasan sosialisasi tulisan maupun percakapan (Zulfah & Rianti, 2018). Maka dari itu, komunikasi matematis menjadi suatu keahlian siswa bertukar pikiran dan memperoleh kejelasan terhadap apa yang dipelajarinya. Ketika siswa diminta untuk berpikir kritis, peserta didik memperoleh keahlian menjelaskan dan mencari jalan keluar dari masalah dengan menggunakan penalaran dan ekspresi verbal, tertulis dari hasil penalaran matematisnya. Jadi, seperti halnya keahlian penalaran, keahlian pemahaman matematis, keahlian pemecahan masalah, dan keahlian representasi matematis, komunikasi matematis merupakan suatu keahlian utama yang perlu ditingkatkan siswa.

Namun, realitanya, kemampuan komunikasi matematis di lapangan sering kali tidak mencapai harapan, dan sebagian besar peserta didik masih berada dalam kategori rendah dalam hal komunikasi matematis. Di kelas VIII SMP Prayatna Medan, terdapat 71% siswa yang belum memenuhi aspek menulis matematika, 85% siswa yang belum mencapai standar dalam aspek ekspresi matematika, serta 42% siswa yang masih mengalami kesulitan dalam kedua aspek tersebut, yaitu menulis dan mengekspresikan matematika.

Proses pembelajaran matematika di SMP Prayatna Medan masih menerapkan metode konvensional, di mana sistem belajar mengajarnya berpusat pada model satu arah (ceramah). Di dalam kelas, guru akan menerangkan berbagai hal sebelum memberikan soal latihan dan meminta siswa untuk membuat catatan. Menolong siswa mengembangkan keahlian komunikasi ketika menggunakan model pembelajaran tradisional mungkin sulit karena model tersebut mungkin tidak begitu menarik bagi mereka. Oleh sebab itu pembelajaran kooperatif menjadi bagian dari jenis model pembelajaran yang dapat menguatkan keahlian komunikasi matematis. Dengan mengajarkan siswa

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

mengekspresikan rancangan matematika dengan jelas, model pembelajaran kooperatif dapat menguatkan keahlian komunikasi matematisnya.

Suatu bentuk pendekatan kooperatif yaitu pendekatan *the power of two* (TPoT). Pendekatan TPoT menjadi suatu pendekatan pedagogi yang mendukung pembelajaran kooperatif dan menumbuhkan munculnya keunggulan bersama. Jenis model pembelajaran kooperatif ini dapat digunakan di kelas untuk diskusi kelompok serta membuat siswa lebih peduli terhadap anggota kelompoknya karena hanya ada dua siswa dalam setiap kelompok. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ratnasari, dkk. (2019), penggunaan model pembelajaran kooperatif tipe TPoT dalam kelas mampu meningkatkan antusiasme, keterampilan, dan intensitas belajar siswa. Selain itu, Razi, Z. (2021) dalam penelitiannya mengungkapkan bahwa penerapan model pembelajaran kooperatif tipe TPoT di kelas dapat menciptakan suasana belajar yang menyenangkan, penuh semangat, dan antusias, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Rusdiyawanti, dkk. (2021) menunjukkan bahwa dalam pembelajaran kooperatif tipe TPoT, peserta didik tidak sepenuhnya bergantung pada guru, sehingga dapat meningkatkan kepercayaan diri dalam berpikir kritis, memperoleh informasi dari berbagai sumber, serta belajar melalui interaksi dengan sesama peserta didik.

Pembelajaran TPoT ini mampu untuk menguatkan dan menaikkan keahlian komunikasi matematis siswa. Pernyataan ini sependapat dengan penelitian oleh Ardi, dkk (2020), menunjukkan bahwa model pembelajaran kooperatif tipe TPoT efisien dalam menaikkan hasil belajar matematika siswa di kelas VIII. Selanjutnya pada penelitian yang dilakukan oleh Muyassar A'la (2020), menunjukkan bahwa peserta didik yang mengikuti pembelajaran menggunakan strategi pembelajaran aktif tipe The Power Of Two memperoleh hasil test keahlian komunikasi matematis yang lebih tinggi. Oleh karena itu, peneliti terdorong untuk mengkaji lebih dalam tentang bagaimana pengaruh model pembelajaran kooperatif tipe TPoT terhadap keahlian komunikasi matematis siswa. Oleh sebab itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul "Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe The Power Of Two Terhadap Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa".

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metodologi penelitian kuantitatif. Sementara itu, jenis penelitian *quasi experiment* yang digunakan dalam penelitian ini. Meskipun dalam jenis penelitian ini terdapat kelompok kontrol, namun tidak dapat sepenuhnya untuk mengontrol faktor luar yang mempengaruhi pelaksanaan eksperimen (Hamzah & Susanti, 2022:56). Penelitian dilakukan di SMP Prayatna Medan pada kelas IX semester ganjil T.A 2024/2025. Diambil dua kelas menjadi sampel penelitian, yaitu kelas IX-1 sebagai kelas eksperimen dan kelas IX-2 sebagai kelas kontrol. Kelas eksperimen diberikan pengajaran dengan menggunakan model pembelajaran Kooperatif tipe TPoT sedangkan kelompok kontrol diberikan metode pembelajaran Konvensional dengan materi pembelajaran refleksi (pencerminan). Keahlian komunikasi siswa diukur menggunakan tes sebelum (*pretest)* dan tes sesudah (*posttest)*.

Tes sebelum dan tes sesudah dirancangkan berdasar indikator-indikator kemampuan komunikasi matematis. Tes sebelum perlakuan (*pretest)* diberikan diawal pembelajaran kepada kelas-kelas sampel guna mengukur keahlian komunikasi matematis awal siswa sebelum diberikan pembelajaran. Sedangkan tes setelah perlakuan (*posttest)* diberikan diakhir pembelajaran kepada kelas-kelas sampel guna menghitung keahlian matematis akhir siswa setelah diberi pembelajaran. Adapun indikator-indikator kemampuan komunikasi matematis yaitu (Hikmawari, et al; 2019:70).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Menggunakan software IBM SPSS 25, validitas item-item soal tes sebelum perlakuan dan tes sesudah perlakuan memperoleh *Output* tabel 1.

Tabel 1. Indikator Kemampuan Komunikasi Matematis

Indikator	Deskripsi
Written Text	Menyatakan pikiran, situasi, dan hubungan matematika secara tulisan.
Drawing	Menyatakan pikiran matematika dalam bentuk gambar, tabel atau diagram
Mathematical Ekspression	Menyatakan pikiran, situasi masalah gambar atau benda nyata ke dalam bahasa simbol, model matematika.

Tabel 2. Perolehan Uji Validitas Tes sebelum dan Tes sesudah

Item Soal	Tes sebelum		Keterangan	Item Soal	Tes sesudah		Keterangan
	r_{hitung}	r_{tabel}			r_{hitung}	r_{tabel}	
1	.804	.355	Valid	1	.713	.355	Valid
2	.702	.355	Valid	2	.711	.355	Valid
3	.665	.355	Valid	3	.750	.355	Valid

Berdasarkan perolehan perhitungan diatas, soal-soal yang dikategorikan valid diperoleh berdasarkan $r_{hitung} > r_{tabel}$. Dan item soal yang dikategorikan valid berada pada soal 1, 2, 3. Soal-soal tes sebelum dan tes sesudah yang tergolong valid, maka dapat dijadikan alat ukur dalam penelitian. Selanjutnya menggunakan software IBM SPSS 25, dilakukan perhitungan uji reliabilitas memperoleh pada tebel 3.

Tabel 3. Perolehan Uji Reliabilitas Tes sebelum dan Tes sesudah

Soal	r_{hitung}	r_{tabel}	Keterangan
Tes sebelum	.539	.355	Reliabel
Tes sesudah	.535	.355	

Berdasarkan perolehan perhitungan diatas, diperoleh r_{hitung} soal tes sebelum yaitu $0{,}539 > 0{,}355$ yang pada variabel instrumen soal nomor 1, 2, 3 reliabel. Dan r_{hitung} soal tes sesudah yaitu $0{,}535 > 0{,}355$ yang pada variabel instrumen soal nomor 1, 2, 3 reliabel. Dalam melakukan uji hipotesis, penelitian ini menggunakan uji-t. Secara statistik, hipotesis yang akan diuji dirumuskan; (1) $H_0 : \mu_1 \leq \mu_2$ = rerata kemampuan komunikasi matematis siswa pada kelas eksperimen kurang dari atau sama dengan Rerata kemampuan komunikasi matematis kelas kontrol, artinya tidak terdapat pengaruh model pembelajaran kooperatif tipe TPoT terhadap kemampuan komunikasi matematis siswa kelas IX SMP Prayatna Medan; dan (2) $H_a : \mu_1 > \mu_2$ =Rerata kemampuan komunikasi matematis siswa pada kelas eksperimen lebih besar dari Rerata kemampuan komunikasi matematis kelas kontrol, artinya terdapat pengaruh model pembelajaran kooperatif tipe TPoT terhadap kemampuan komunikasi matematis siswa kelas IX SMP Prayatna Medan. Untuk mengukur seberapa besar peningkatan keahlian komunikasi matematis siswa, maka akan dihitung rerata peningkatan siswa dengan perhitungan *N-Gain*. Nilai N-Gain diukur menggunakan persamaan 1. Kategori nilai N-Gain diklasifikasikan sebagai berikut: jika nilai N-Gain (g) sebesar atau lebih dari 0,7, maka termasuk dalam kategori tinggi. Jika nilai N-Gain berada dalam rentang 0,3 hingga kurang dari 0,7, maka dikategorikan sebagai sedang. Sementara itu, jika nilai N-Gain kurang dari 0,3, maka masuk dalam kategori rendah.

$$N_{Gain} = \frac{\text{Skor Tes Sesudah} - \text{Skor Tes Sebelum}}{\text{Skor Total} - \text{Skor Tes Sebelum}} \quad (1)$$

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelas ekperimen/percobaan (IX-1) dan kelas kontrol/pembanding (IX-2) terlebih dahulu diberikan tes sebelum perlakuan *(pretest)* guna mengukur kecerdasan awal siswa sebelum menerima pelakuan. Selanjutnya diberikan tes sesudah perlakuan *(posttest)* guna mengukur keahlian akhir siswa setelah menerima perlakuan. Berikut deskripsi data tes sebelum dan tes sesudah kelas IX-1 dan kelas IX-2 dalam penelitian ini ditampilkan dalam tabel 4.

Tabel 4. Deskripsi Data Tes Sebelum dan Tes Sesudah

Statistik	Kelas Percobaan (IX-1)		Kelas Pembanding (IX-2)	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Jumlah Siswa	16	16	21	21
Total Nilai	364	1247	464	1383
Rerata	22,74	77,95	22,22	65,87
Standar Deviasi	4,99	14,50	5,38	10,69
Varians	24,91	210,36	28,92	114,31

Berdasarkan tabel 4, menunjukkan nilai rerata kelas percobaan dan kelas pembanding berturut-turut berada pada angka 77,95 dan 65,87. Dari angka tersebut didapatkan bahwa nilai rerata kelas percobaan lebih tinggi jika dibanding dengan nilai rerata kelas pembanding. Perbedaan angka ini menunjukkan bahwa keahlian komunikasi matematis siswa di kelas percobaan lebih baik dibandingkan dengan kelas pembanding. Hasil uji normalitas data pada data tes sebelum perlakuan, diperolehan hasil uji pada data tes sebelum perlakuan di kelas percobaan memperoleh signifikansi sebesar 0,175. Karena signifikansi yang diperoleh $>$ α yaitu $0{,}175 > 0{,}05$, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa data tes sebelum perlakuan pada kelas percobaan memiliki distribusi normal. Selanjutnya pada data tes kelas kontrol signifikansi yang diperoleh $>$ α yaitu $0{,}070 > 0{,}05$ yang berarti data memiliki distribusi normal.

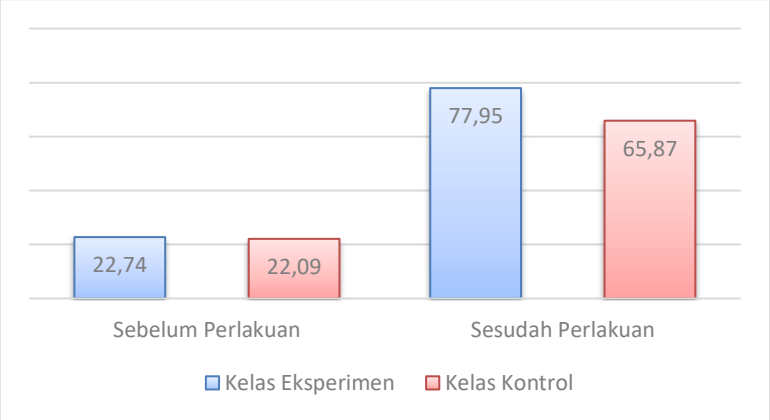
Kemudian untuk membuktikan jika dua kelompok data sampel berasal dari populasi yang memiliki variansi yang sama maka data tes sebelum perlakuan dan tes sesudah perlakuan dilakukan uji homogenitas pada data tes sebelum di kedua kelas, diperoleh signifikansi sebesar 0,624. Karena signifikansi yang diperoleh $>$ α yaitu $0{,}624 > 0{,}05$, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa data tes sebelum pada kedua kelas homogen. Hasil uji homogenitas pada data tes sesudah di kedua kelas, diperoleh signifikansi sebesar 0,237. Karena signifikansi yang diperoleh $>$ α yaitu $0{,}237 > 0{,}05$, maka dapat disimpulkan bahwa data tes sesudah kedua kelas homogen.

Jika sudah dipastikan bahwa data tes sebelum dan tes sesudah pada kedua kelas menunjukkan distribusi normal dan variansi setiap sampelnya sama (homogen), selanjutnya dilakukanlah uji hipotesis (uji-t) dimana $\alpha = 0{,}05$. Berdasarkan hasil uji hipotesis pada data tes sesudah di kedua kelas, diperoleh nilai $t_{hitung} \geq t_{tabel}$ atau $2{,}924 \geq 1{,}689$. Hasil ini memperlihatkan bahwa H_0 ditolak dan diterima H_1, yang berarti bahwa rerata keahlian komunikasi matematis siswa pada kelas percobaan lebih besar dari rerata keahlian komunikasi matematis kelas pembanding. Jadi, dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat pengaruh model pembelajaran kooperatif tipe TPoT terhadap kemampuan komunikasi matematis siswa kelas IX SMP Prayatna Medan. Perolehan hasil perhitungan rerata tes sebelum kelas percobaan diperoleh nilai 22,74 dan rerata tes sesudah kelas percobaan diperoleh nilai 77,95 dengan N-Gain 0,7146 dalam kategori tinggi. Pada kelas pembanding rerata tes sebelum diperoleh nilai 22,09 dan rerata tes sesudah kelas pembanding diperoleh nilai 65,87 dengan N-Gain 0,5619 dalam kategori sedang.

Setelah dilaksanakan tindakan berbeda kepada kedua kelas sampel, dilakukanlah tes sesudah *(posttest)* untuk mengetahui sejauh mana peningkatan keahlian komunikasi matematis siswa.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Terdapat perbedaan antara rerata skor tes sesudah kelas percobaan dan kelas pembanding. Dimana kelas percobaan memperoleh rerata 77,95 dan kelas pembanding memperoleh rerata 65,87. Hasil uji hipotesis menunjukkan nilai t_{hitung} sebesar 2,924, sesuai dengan kriteria nilai atau $t_{hitung} \geq t_{tabel}$ $(2{,}924 \geq 1{,}68)$, yang memperlihatkan bahwa model pembelajaran yang menggunakan tipe TPoT berpengaruh terhadap keahlian komunikasi matematis siswa dengan materi pembelajaran refleksi (pencerminan).



Gambar 1. Grafik Peningkatan Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa

Hasil penelitian ini didukung oleh kajian yang dilakukan oleh Muyassar A'la (2020), yang menunjukkan bahwa peserta didik yang mengikuti pembelajaran dengan strategi aktif tipe TPoT memperoleh hasil tes kemampuan komunikasi yang lebih baik. Selain itu, penelitian oleh Ardi, dkk. (2020) mengungkapkan bahwa model pembelajaran kooperatif tipe TPoT lebih efektif, sebagaimana ditunjukkan oleh perbedaan rata-rata hasil belajar antara siswa yang diajar dengan model pembelajaran TPoT dan siswa yang tidak menggunakannya. Selanjutnya, penelitian oleh Rusdiyawanti, dkk. (2021) menunjukkan bahwa kelas yang menerapkan model kooperatif tipe TPoT memperoleh nilai rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelas yang menggunakan metode konvensional. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Sutiawan & Rahmani (2020) mengindikasikan bahwa peningkatan kemampuan komunikasi matematis lebih signifikan pada siswa yang belajar dengan model pembelajaran TPoT. Dengan demikian model pembelajaran kooperatif tipe TPoT berpengaruh terhadap kemampuan komunikasi matematis. Berdasarkan hasil penelitian dan hasil perbandingan dengan studi terkait kesimpulan yang dapat diangkat bahwa menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe TPoT pada proses pembelajaran matematika dapat menaikkan kemampuan komunikasi matematis siswa.

KESIMPULAN

Peningkatan kemampuan komunikasi matematis siswa pada kelas eksperimen yang menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe The Power of Two mencapai nilai N-Gain sebesar 0,7146, yang tergolong dalam kategori tinggi. Sementara itu, kelas kontrol yang menerapkan model pembelajaran konvensional memperoleh nilai N-Gain sebesar 0,5619, yang termasuk dalam kategori sedang. Berdasarkan uji hipotesis diperoleh bahwa nilai $t_{hitung} \geq t_{tabel}$ $(2{,}924 \geq 1{,}689)$ yang artinya terdapat pengaruh model pembelajaran kooperatif tipe TPoT terhadap kemampuan komunikasi matematis siswa kelas IX SMP Prayatna Medan. Mengoperasikan model pembelajaran kooperatif tipe TPoT meningkatkan keaktifan seluruh siswa dalam diskusi bersama temannya

sehingga meminimalkan ketimpangan antara siswa yang satu dengan siswa yang lain. Model pembelajaran kooperatif tipe TPoT dapat digunakan menjadi salah satu alternatif model pembelajaran pada kelas untuk menguatkan keahlian komunikasi matematis siswa dalam pembelajaran dan siswa juga lebih aktif dalam bekerjasama dengan temannya sehingga lebih mengoptimalkan peningkatan komunikasi matematis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya memberi ucapan terimakasih untuk Ibu Dra. Nurliani Manurung, M.Pd, atas bimbingan dan dukungan sebagai pembimbing skripsi saya dalam merampungkan tugas akhir ini. Kemudian, ucapan terimakasih saya berikan kepada kedua orangtua saya atas dukungan verbal dan finansial yang tak tergoyahkan selama penelitian ini. Pihak sekolah yang terlibat dalam penelitian ini, saya juga memberi ucapan terimakasih kepada SMP PRAYATNA MEDAN terkhususnya Ibu Sri Maryati yang telah mengarahkan saya selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

A'la, M. (2020). *Perbandingan Keahlian Komunikasi Matematis Siswa Yang Menerapkan Strategi Pembelajaran Aktif Tipe The Power Of Two Dengan Tipe Modeling The Way Pada Materi Spldv Di Kelas Viii Smp Negeri 7 Muaro Jambi* (Doctoral dissertation, FKIP).

Ardi, M., Latuconsina, N. K., Angriani, A. D., & Kusumayanti, A. (2020). Efektivitas pembelajaran the power of two terhadap hasil belajar matematika. *Alauddin Journal of Mathematics Education*, *2*(1), 1-9. https://doi.org/10.24252/ajme.v2i1.13713

Hamzah, A., & Susanti, L. (2022). *Metode Penelitian Kuantitatif Kajian Teoretik & Praktik Dilengkapi Desain, Proses, Dan Hasil Penelitian*. Malang: Literasi Nusantara.

Hikmawati, N. N., Nurcahyono, N. A., & Balkist, P. S. (2019). Keahlian Komunikasi Matematis siswa dalam menyelesaikan soal Geometri kubus dan Balok. *Prisma*, *8*(1), 68-79. https://doi.org/10.35194/jp.v8i1.648

Maulyda, A. M. (2020). *Paradigma Pembelajaran Matematika Berbasis NCTM*. Malang: CV IRDH.

Monariska, E., Jusniani, N., & Sapitri, N. H. (2021). Keahlian Komunikasi Matematis Siswa SMP melalui Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Match Mine. *Prisma*, *10*(1), 130-140. https://doi.org/10.35194/jp.v10i1.1228

Ratnasari, D., Subandi, S., & Putra, F. G. (2019). Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe the Power of Two terhadap Pemahaman Konsep Matematis Peserta Didik. In *Prosiding Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika* (pp. 163-174). Lampung, Indonesia: UIN Raden Intan Lampung.

Razi, Z. (2021). Model Pembelajaran Kooperatif Tipe The Power Of Two Untuk Meningkatkan Self Efficacy Siswa Dalam Pembelajaran Matematika. *ASIMETRIS: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, *2*(1), 1-6. https://doi.org/10.51179/asimetris.2.1.1-6

Rusdiyawanti, N., Hikmah, N., Azmi, S., & Hayati, L. (2021). Pengaruh model pembelajaran kooperatif tipe the power of two terhadap hasil belajar matematika siswa SMP Negeri 3 Mataram. *Griya Journal of Mathematics Education and Application*, *1*(2), 232-238. https://doi.org/10.29303/griya.v1i2.50

Siregar, B.H., Adriani, A. & K. (2018). *Strategi Belajar Matematika*. Medan: Universitas Negeri Medan.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Sutiawan, H., & Rahmani, A. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif The Power of Two terhadap Keahlian Komunikasi Matematis Siswa SMP. *GAUSS: Jurnal Pendidikan Matematika, 3*(1), 12-22. https://doi.org/10.30656/gauss.v3i1.2167

Zulfah, Z., & Rianti, W. (2018). Keahlian Komunikasi Matematis Peserta Didik Melalui Soal PISA 2015. JIPM (Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika), 7(1), 4. https://doi.org/10.25273/jipm.v7i1.3064

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Optimasi Jumlah Produksi Toko Kuala Jaya Menggunakan Metode Branch And Bound
(Studi Kasus: Toko Kuala Jaya, Pantai Labu)

Welfrid Punan Pandiangan
Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
Coresponding Author: pandianganpunan@gmail.com

Abstrak, Salah satu sektor bisnis yang mengalami pertumbuhan pesat adalah industri mebel. Industri ini memproses bahan baku seperti kayu, rotan, dan material alami lainnya menjadi produk jadi yang dikenal sebagai mebel, yang memiliki nilai tambah dan manfaat yang signifikan. Mebel memainkan peran penting dalam mendukung berbagai aktivitas manusia dan proses produksi mebel memerlukan perencanaan yang cermat untuk memastikan pengambilan keputusan yang optimal dalam menentukan jumlah produksi. Oleh karena itu, metode Branch and Bound digunakan sebagai alat untuk mencapai tujuan ini. Metode ini telah menjadi pendekatan umum dalam menyelesaikan masalah optimasi integer. Penelitian ini dilaksanakan di Toko Kuala Jaya yang berlokasi di Jalan Besar Pantai Labu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keuntungan maksimum yang dapat dicapai adalah Rp. 7.900.000 dengan rincian produksi untuk setiap jenis mebel adalah 0 buah Lemari Hias, 0 buah Bufet TV, 8 buah Meja Makan, 1 buah Lemari, dan 8 buah Tempat Tidur.
Kata kunci: Branch and Bound, Mebel, Optimasi, bilangan bulat, pemrograman linier

Abstract*, One business sector that is experiencing rapid growth is the furniture industry. This industry processes raw materials such as wood, rattan, and other natural materials into finished products known as furniture, which have significant added value and benefits. Furniture plays an important role in supporting various human activities and the furniture production process requires careful planning to ensure optimal decision making in determining production quantities. Therefore, the Branch and Bound method is used as a tool to achieve this goal. This method has become a common approach in solving integer optimization problems. This research was conducted at Toko Kuala Jaya, located on Jalan Besar Pantai Labu. The results showed that the maximum profit that can be achieved is Rp. 7,900,000 with the production details for each type of furniture are 0 pieces of Decorative Cabinets, 0 pieces of TV Sideboards, 8 pieces of Dining Tables, 1 piece of Wardrobe, and 8 pieces of Beds.*
Keywords*: Branch and Bound, Furniture, Optimization, integer, linier programming*

Citation : Pandiangan, W. P. (2024). Optimasi Jumlah Produksi Toko Kuala Jaya Menggunakan Metode Branch And Bound (Studi Kasus: Toko Kuala Jaya, Pantai Labu). *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 130 – 138

PENDAHULUAN

Setiap perusahaan memiliki strategi untuk meningkatkan efisiensi produksinya secara teratur. Rencana produksi adalah strategi perusahaan dalam menentukan jenis produk dan jumlah yang akan diproduksi dalam periode waktu tertentu. Rencana produksi adalah aspek penting dalam manajemen perusahaan karena perusahaan produksi perlu mempertimbangkan bagaimana cara untuk mengoptimalkan produksi dengan biaya yang rendah. Optimasi merujuk pada pengambilan keputusan terbaik dengan tujuan memaksimalkan hasil atau meminimalkan biaya dengan mempertimbangkan berbagai kendala yang ada, sehingga perusahaan dapat mencapai keuntungan maksimal atau biaya minimal (Faisal, 2021).

Pertumbuhan jumlah industri dan pengrajin mebel terus berlangsung seiring dengan meningkatnya permintaan dari konsumen. (Maulana, 2022). Setiap perusahaan perlu memahami

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

prosedur kerja yang menghubungkan masalah dengan berbagai solusi alternatif yang sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Sebagai model untuk mengatasi masalah semacam itu, model matematis yang dikenal sebagai program linier (linear programming) dapat digunakan (Tahir, 2019).

Metode branch and bound yaitu pendekatan efisiensi yang dipakai untuk penyelesaian permasalahan *integer programming* untuk menemukan solusi yang optimal. Dengan menerapkan metode *branch and bound* dalam optimasi, mendapatkan hasil alokasi paling optimal, yang pada akhirnya menghasilkan keuntungan yang lebih besar. Metode ini sering menghasilkan solusi optimal yang lebih banyak dibandingkan dengan metode lainnya, memungkinkan peneliti untuk menentukan solusi terbaik dari hasil yang diperoleh. (Purba, 2020).

Toko Kuala Jaya merupakan salah satu perusahaan yang beroperasi di sektor produksi mebel yang telah beroperasi sejak tahun 2007. Toko Kuala Jaya memproduksi berbagai jenis mebel, seperti: lemari hias, bufet tv, meja makan, lemari, dan tempat tidur. Salah satu permasalahan dalam Toko Kuala Jaya adalah kurangnya strategi yang jelas dalam menentukan jumlah produksi yang optimal, pengelolaan juga masih kurang baik dan keuntungan yang belum maksimal. Maka dari itu peneliti mengangkat rumusan masalah pada penelitian ini berpakah jumlah produksi optimal dan keuntungan maksimal dengan menggunakan *Branch and Bound.* Saat ini, toko tersebut hanya mengandalkan asumsi bahwa pendapatan optimal dapat dicapai dengan memenuhi permintaan pasar. Dalam hal ini berdampak pada keuntungan yang diperoleh tidak selalu mencapai keuntungan yang maksimal. Oleh karena itu, Toko Kuala Jaya membutuhkan suatu model matematis yang dapat mengoptimalkan jumlah produksi. Toko Kuala Jaya belum melakukan sistem produksi dengan baik sehingga optimalisasi proses produksi belum bisa tercapai dan keuntungan tidak dapat diprediksi dengan baik dan tepat. Sehingga penerapan metode *branch and bound* dapat membantu dalam mencari solusi optimal untuk permasalahan produksi, sehingga dapat tercapai produksi yang optimal dan keuntungan yang maksimum.

Mebel Indonesia mempunyaii peran sangat penting sebagai penyumbang devisa negara karena permintaan pasar tidak hanya dari dalam negeri tetapi juga dari luar negeri. Mebel memiliki peran yang sangat bermanfaat bagi manusia dalam mendukung berbagai aktivitas dan kegiatan. Optimasi adalah sebuah proses yang bertujuan untuk mencapai hasil terbaik dari suatu permasalahan dengan fokus pada mencapai nilai maksimum atau minimum dari suatu tujuan tertentu tanpa melanggar batasan yang ada. Prinsip optimasi produksi melibatkan usaha dalam mengalokasikan faktor-faktor produksi yang terbatas secara efisien agar hasil yang maksimal dapat diperoleh. (Purba, 2020). Menurut Adoe, V. S. (2020), Optimasi merujuk pada langkah atau proses yang dilakukan untuk mencapai hasil yang dianggap sebagai yang terbaik atau optimal.

Program linier adalah suatu metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi dengan mencari solusi terbaik dalam hal maksimum atau minimum. Terdiri dari tiga elemen utama, yaitu fungsi tujuan yang ingin disederhanakan, kendala atau batasan yang harus dipenuhi oleh solusi, dan variabel keputusan (Susanti, 2021).

Solusi optimal yang dapat dicapai dalam penyelesaian masalah program linier bisa berupa pecahan. Dalam keadaan tertentu, solusi parsial bisa diterima, tetapi untuk kasus di mana nilai yang optimal harus berupa bilangan bulat, seperti dalam hal jumlah orang atau benda, solusi pecahan menjadi tidak praktis atau tidak bermakna. Dengan kata lain, pemrograman bilangan bulat adalah pemrograman linier yang diberikan batasan tambahan bahwa beberapa atau semua variabel harus diambil dari himpunan bilangan bulat (Purba, 2020).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Definisi 1
Sebuah $fungsi\ f\ (x_1, x_2, \dots, x_n)$ dari $x_1, x_2, \dots, x_n$ merupakan sebuah fungsi linier jika dan hanya jika untuk beberapa set dan konstanta $c_1, c_2, \dots, c_n$,

$$f\ (x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1x_1 + c_1x_2 + c_nx_n.$$

Contoh: $f\ (x_1, x_2) = 3x_1 + 5x_2$ adalah sebuah fungsi linier dari x_1 dan x_2. Adapun untuk $f(x_1, x_2 = x_1^2 + 2x_2$ adalah bukan merupakan fungsi linier

Definisi 2
Jika untuk sembarang fungsi linier $f\ (x_1, x_2, \dots, x_n)$ dan sembarang bilangan b, maka untuk ketidaksamaan $f\ (x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b$ dan $f\ (x_1, x_2, \dots, x_n) \geq b$ disebut ketidaksamaan linier.
Contoh:
$7x_1 + 4x_2 \leq 9\ dan\ 2x_1 + 3x_2 \geq 12$ adalah fungsi ketidaksamaan linier dari x_1 dan x_2. Adapun untuk $4x_1^2 \leq 6\ dan\ 5x_1^2 \geq 16$ bukan merupakan fungsi ketidaksamaan linier.

Pada umumnya, program linier adalah suatu metode untuk menyelesaikan masalah optimasi dengan cara memodelkan dalam bentuk fungsi tujuan dan kendala yang dibuat dengan mempertimbangkan batasan ketersediaan. (Siregar, 2020). Istilah integer programming mencakup dua teknik analisis yang berbeda. Salah satunya adalah teknik analisis yang menghasilkan solusi optimal dari program linier bilangan bulat. Penggunaan bilangan biner memperluas cakupan penerapan model pemrograman linier (Purba, 2020).

Secara umum, tujuan dari masalah program linier adalah memaksimalkan keuntungan dan meminimalkan biaya. (Siregar,2020:5) berpendapat bahwa pemrograman linier memiliki empat karakteristik, yaitu pemecahan masalah mengarah pada maksimalisasi dan minimalisasi, adanya kendala yang membatasi tingkat efisiensi, terdiri dari solusi alternatif, dan hubungan matematis yang linier. Dari segi teknis, terdapat lima sifat tambahan yang menjadi asumsi dasar dalam pemrograman linier, yakni linieritas, proporsionalitas, additivitas, divisibilitas, dan kepastian, serta asumsi bahwa variabelnya *non- negatif*. Metode grafik merupakan suatu teknik yang berguna dalam menyelesaikan masalah pemrograman linear. Pendekatan ini memanfaatkan representasi grafis untuk pengambilan keputusan, di mana fungsi-fungsi kendala dinyatakan dalam bentuk grafik, kemudian solusi optimum dapat ditemukan. Bentuk standar ini diperlukan dalam metode simpleks, yang digunakan sebagai langkah pertama sebelum masalah direpresentasikan dalam tabel simpleks. Aturan/prinsip yang harus terpenuhi dalam bentuk program linier baku/standar adalah; (1) semua batasan/kendala diformulasikan sebagai persamaan (dengan sisi kanan yang tidak negatif); (2) emua variabel keputusan merupakan bilangan *non-negatif*; (3) fungsi tujuan bisa berupa maksimasi dan minimasi.
Berikut adalah formulasi bentuk standar dari program linier:

$$Z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \qquad (1)$$

$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_j = b_i\ untuk\ i = 1, 2, \dots, m\ dan\ x_j \geq 0, untuk\ j = 1, 2, \dots, n$

Metode simpleks yaitu suatu pendekatan sistematis yang dimulai dari satu titik awal yang memenuhi syarat untuk mencapai titik dasar lainnya secara berulang-ulang (dengan jumlah iterasi yang terbatas), hingga mencapai titik awal yang memberikan solusi optimal. Setiap langkah dalam proses ini akan memperoleh nilai dari fungsi tujuan yang selalu lebih besar, lebih kecil, atau sama dengan langkah-langkah sebelumnya. Bentuk standar dari pemrograman linier dan bentuk standar

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

ketidaksamaan (*The Standard Inequality Form).* Maksimal $Z = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \cdots + c_nx_n$, dengan kendala;

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \cdots + a_{1n}x_n \leq b_1$$
$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \cdots + a_{2n}x_n \leq b_2$$
$$\cdots\ \cdots\ \cdots\ \cdots\ \cdots\ \cdots\ \cdots\ \cdots\ \cdots\ \cdots\ \cdots\ \cdots\ \cdots\ \cdots\ \cdots\ \cdots\ \cdots\ \cdots$$
$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{m3}x_3 + \cdots + a_{mn}x_n \leq b_m$$
$$x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n \geq 0$$

Bentuk standar dari sebuah ketidaksamaan dapat diperoleh dengan mengubah tanda ≥ dan ≤ menjadi tanda sama dengan (persamaan 2). Lebih detail Bentuk standar kesamaan dapat diperoleh dari bentuk ketidaksamaan dengan mengubah tanda ≥ dan ≤ menjadi. Bentuk ketikdasamaan $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \cdots + a_{1n}x_n \leq b_1$ dapat diubah menjadi $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \cdots + a_{1n}x_n + x_n + 1 = b_1$dimana $x_n + 1 \geq 0$ dan disebut Slack Variabel. Sebaliknya persamaan $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \cdots + a_{1n}x_n \geq b_1$ dapat diubag menjadi $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \cdots + a_{1n}x_n - x_n + 1 = b_1$. Dimana $x_n + 1 \geq 0$ dan disebut *Surplus* Variabel. Dengan Z= Nilai dari fungsi tujuan; X_j = Jenis kegiatan (variabel keputusan); a_{ij} = Kebutuhan sumber daya i untuk setiap unit kegiatan j; b_i = Banyak sumber daya i yang tersedia; c_j= Perubahan nilai Z yang terjadi jika kegiatan j ditambah satu unit; m= Total sumber daya yang tersedia; dan n = jumlah kegiatan.

$$C = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{pmatrix}, x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}, b = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{pmatrix}, dan \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{mn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam metode simpleks untuk menyelesaikan kasus, mencakup tiga langkah dasar yaitu; (1) mengubah model matematika permasalahan ke dalam bentuk standar/baku; (2) merepresentasikan permasalahan ke bentuk tabel; dan (3) mencari nilai solusi berikutnya. Kemudian ada beberapa aturan yang harus diikuti saat menyelesaikan masalah linier menggunakan metode simpleks; (1) nilai kanan dari fungsi tujuan tidak boleh sama dengan nol; (2) nilai kanan dari setiap fungsi kendala harus positif. Jika negatif, nilainya harus dikalikan dengan -1, mengubah tanda ≤ menjadi ≥; (3) fungsi kendala dengan tanda ≤ dan ≥ harus diubah menjadi bentuk = dengan menambahkan variabel *slack* dan *surplus*; dan (4) fungsi kendala yang menggunakan tanda = harus menambahkan variabel semu (*artivical variable*). (Rangkuti, 2019).

Integer Programming adalah bentuk dari pogram linier yang memperhatikan bahwa semua atau beberapa variabelnya harus memiliki nilai bilangan bulat non- negatif. Ini digunakan ketika masalah memerlukan variabel yang tidak dapat berupa bilangan bulat (misalnya, jumlah orang) karena harus merupakan bilangan bulat dan tidak bisa berupa pecahan. Model *Integer Programming* bertujuan untuk mencapai solusi optimal dengan variabel yang harus berupa bilangan bulat. Ini pada dasarnya adalah analisis post-optimal dari pemrograman linier. Pendekatan ini dimulai dengan mencapai solusi optimal dari pemrograman linier yang memungkinkan bilangan pecahan. Teknik *integer programming*, yang bertujuan untuk mencapai nilai variabel keputusan yang bulat, dibahas dalam metode *Branch and Bound*. Secara umum, metode *branch and bound* terdiri dari dua proses perhitungan, yaitu branching dan bounding. Pencabangan terjadi setelah kondisi dan skor optimal tercapai. Cabang dibentuk berdasarkan salah satu variabel pada titik optimum yang bukan merupakan bilangan bulat. Cabang ini terdiri dari dua yaitu cabang kiri dan cabang kanan (Siregar, 2020).

Pada tahun 1960, A. Land dan G. Doig memperkenalkan konsep metode *Branch and Bound*, yang berguna dalam menghasilkan solusi untuk nilai variabel keputusan yang berupa bilangan bulat. Metode *Branch and Bound* sering kali digunakan dalam mencapai nilai variabel optimum yaitu bilangan bulat. Secara umum, metode *Branch and Bound* terdiri dari dua batas yaitu pencabangan dan pembatasan. Proses pembuatan sangat mempertimbangkan fungsi tujuan. Apabila suatu masalah program linier bertujuan memaksimumkan fungsi objektifnya, maka proses pencabangan tidak dibatasi. Proses pencabangan tetap dilakukan hingga variabel keputusan merupakan bilangan bulat. Metode *Branch and Bound* memiliki kelebihan dan kekurangan. Metode ini sangat efisien untuk memperoleh semua solusi layak atau *fisibel* (Siregar, 2020).

Branch and Bound yaitu strategi solusi yang dipakai untuk pemrograman linier dengan keharusan variabel bilangan bulat. Konsep utama dari teknik ini adalah membagi jumlah solusi yang mungkin menjadi subset yang lebih kecil. Setiap subset dievaluasi secara terperinci sampai solusi optimal ditemukan. Dalam konteks masalah pemrograman linier, sering digunakan juga dengan metode simpleks. *Branch and Bound*, Teknik ini memanfaatkan sebuah diagram yang terdiri dari node dan cabang (*branch*) sebagai kerangka dalam mencapai solusi optimal. Setiap node menyimpan solve program linier yang telah direlaksasi sesuai dengan fungsi tujuan dan batasannya. Node pertama akan berisi solusi program linier yang telah direlaksasi dari masalah awal. Kemudian, node kedua, ketiga, dan seterusnya akan berisi *solution program linear* yang telah direlaksasi dari masalah awal dengan tambahan batasan yang sesuai pada setiap cabangnya.

Berikut ini adalah tahapan-tahapan Metode *Branch and Bound* yaitu; (a) dapatkan solusi optimal dari program linier yang telah direlaksasi menggunakan metode simpleks; (b) solusi yang diperoleh pada langkah sebelumnya dijadikan sebagai batas atas, kemudian dibulatkan ke bawah untuk menjadi batas bawah pada node 1; (c) pilih variabel dengan pecahan terbesar untuk dijadikan titik pencabangan (branch). Buat dua batasan baru untuk variabel tersebut: satu batasan $\leq$ dan satu batasan $\geq$; (d) tambahkan dua node baru, masing-masing dengan satu batasan yang telah ditentukan pada langkah sebelumnya; (e) lanjutkan dengan menyelesaikan model program linier relaksasi dengan batasan baru yang ditambahkan pada setiap node; (f) solusi optimal dari metode simpleks menjadi batas atas pada setiap node, sementara solusi bilangan bulat maksimum yang ada menjadi batas bawah; dan (g) jika proses ini menghasilkan solusi bilangan bulat yang layak pada salah satu simpul akhir dengan nilai batas atas yang paling kecil, maka solusi bilangan bulat optimal telah ditemukan. Jika tidak, cabangkan simpul dengan batas atas terbesar (Dimyati, 1994). Metode *Branch and Bound* cocok diterapkan pada berbagai masalah karena mampu menentukan penjadwalan yang optimal. Sebagai suatu prosedur umum, *Branch and Bound* digunakan untuk mencari solusi optimal dalam berbagai masalah optimasi dan penjadwalan (Khotimah, 2022).

METODE PENELITIAN

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan data yang akan diteliti, kemudian menentukan variabel yang digunakan. Selanjutnya, ditetapkan fungsi tujuan serta fungsi kendala yang menjadi dasar dalam pemodelan permasalahan. Permasalahan tersebut kemudian dimodelkan dalam bentuk Pemrograman Linear. Setelah itu, solusi dari model Pemrograman Linear dicari dan diselesaikan menggunakan metode Branch and Bound. Tahap akhir dari penelitian ini adalah menarik kesimpulan berdasarkan hasil yang diperoleh.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Didalam penelitian ini data yang diperlukan yaitu bahan baku untuk setiap produk, ketersediaan persediaan bahan baku, data harga jual, dan keuntungan yang dihasilkan dari setiap barang mebel. Pada penelitian ini membutuhkan alat tulis untuk mencatat data yang akan diteliti, timbangan, meteran, dan aplikasi *lindo* dan *atoZmath* untuk mengolah data. Untuk penelitian ini metode yang digunakan yaitu metode *Branch and Bound.* Penelitian ini bersifat wawancara yang berartikan wawancara secara langsung pada pemilik Toko Kuala Jaya untuk mendapatkan data yang dibutuhkan peneliti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan penulis, bahwasannya Toko Kuala Jaya memproduksi 5 jenis mebel yaitu lemari hias, bufet tv, meja makan, lemari, dan tempat tidur. Dalam penelitian ini, informasi yang diperlukan peneliti meliputi data mengenai kebutuhan bahan baku untuk setiap produk, ketersediaan persediaan bahan baku, data harga jual, dan keuntungan yang dihasilkan dari setiap barang mebel. Tabel 1 menyaikan jenis produksi beserta harga jual dan keuntungan produk yang diteliti dalam tulisan ini dan tabel 2 menunjukkan jumlah bahan baku dan jumlah persediaan bahan baku setiap bulan.

Tabel 1. Harga Jual Tiap Produk dan Keuntungan

Jenis Produk	Harga	Keuntungan	Biaya Produksi
Lemari Hias	Rp. 2. 500.000	Rp. 500.000	Rp. 2 .000.000
Bufet TV	Rp. 1. 500.000	Rp. 225.000	Rp. 1. 225.000
Meja Makan	Rp. 2. 500.000	Rp. 500.000	Rp. 2. 000.000
Lemari	Rp. 2. 000.000	Rp. 300.000	Rp. 1 .700.000
Tempat Tidur	Rp. 3. 000.000	Rp. 450.000	Rp. 2. 550.000

Tabel 2. Jumlah Bahan Baku dan Jumlah Persediaan Bahan Baku Per Bulan

Bahan Baku	Jenis Produk					Persediaan Bahan Baku
	Lemari Hias (X_1)	Bufet TV (X_2)	Meja Makan (X_3)	Lemari (X_4)	Tempat Tidur (X_5)	
Kayu (m^3)	$0{,}235m^3$	$0{,}117m^3$	$0{,}117m^3$	$0{,}117m^3$	$0{,}176m^3$	10 m^3
Clear (L)	3 Liter	1 Liter	1,5 Liter	1 Liter	2 Liter	50 Liter
Sanding (L)	2,5 Liter	1 Liter	1,5 Liter	1 Liter	2 Liter	50 Liter
Amplas (m)	2 m	1 m	1 m	1 m	2 m	750 m
Dempul (Kg)	2 Kg	1 Kg	1,5 Kg	2 Kg	2,5 Kg	40 Kg
Tinner (L)	8 Liter	3 Liter	4 Liter	2 Liter	4 Liter	400 liter
Cat/Pewarna (L)	2 Liter	1 Liter	1,5 Liter	1 Liter	1,5 Liter	25 Liter
Tepung Furniture (Kg)	2 Kg	0,5 Kg	2 Kg	1 Kg	1,5 Kg	100 Kg
Kaca (lembar)	4 Lembar	2 Lembar	1 Lembar	-	-	8Lembar

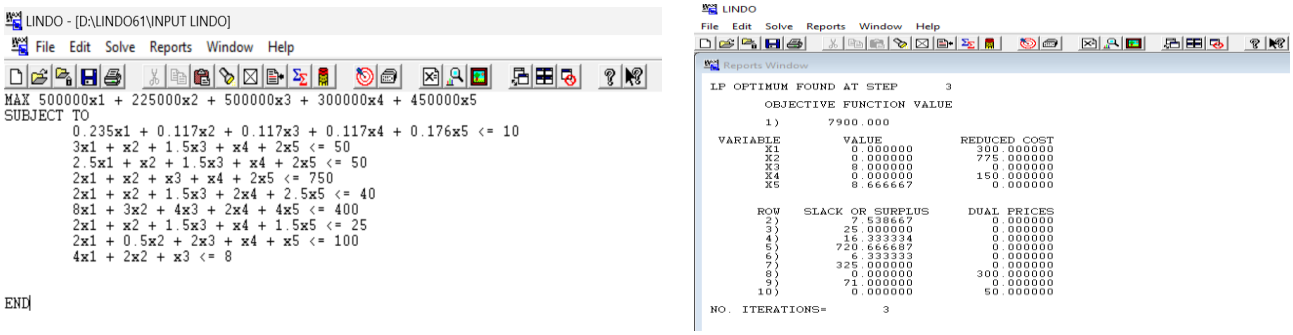
Pada penelitian ini, tujuan yang ingin dimaksimalkan adalah keuntungan dari penjualan setiap produk. Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa keuntungan yang didapatkan untuk penjualan mebel Jumlah Produksi Lemari Hias (X_1) adalah Rp.500.000 per unit, Jumlah Produksi Bufet TV (X_2) adalah Rp. 225.000 per unit, Jumlah Produksi Meja Makan (X_3) adalah Rp. 500.000 per unit, Jumlah Produksi Lemari (X_4) adalah Rp. 300.000 per unit, Jumlah Produksi Tempat Tidur (X_5) adalah Rp. 450.000 per unit. Profit tersebut dihasilkan dari perbedaan antara harga jual dengan biaya produksi per jenis mebel yang diproduksi. Dengan demikian, fungsi tujuan untuk mengoptimalkan jumlah produksi Toko Kuala Jaya dapat dirumuskan sebagai $Z = 500000\,X_1 + 225000X_2 + 500000X_3 + 300000X_4 + 450000X_5$. Berdasarkan data pada Tabel 2, kita dapat merumuskan fungsi kendala untuk permasalahan program linier dengan mempertimbangkan penggunaan bahan baku dalam setiap jennis

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

produk serta persediaannya seperti kayu, clear, sanding, amplas, dempul, tinner, cat/pewarna, tepung furniture, dan kaca di toko Kuala Jaya.

Dari data yang tercantum pada Tabel 2, kita dapat merumuskan fungsi kendala untuk permasalahan program linier sebagai berikut; (1) persediaan kayu: $0{,}235X_1 + 0{,}117X_2 + 0{,}117X_3 + 0{,}117X_4 + 0{,}176X_5 \leq 10$; (2) persediaan *clear* $3X_1 + X_2 + 1{,}5X_3 + X_4 + 2X_5 \leq 50$; (3) persediaan sanding: $2{,}5X_1 + X_2 + 1{,}5X_3 + X_4 + 2X_5 \leq 50$; (4) persediaan amplas: $2X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + 2X_5 \leq 750$; (5) persediaan dempul: $2X_1 + X_2 + 1{,}5X_3 + 2X_4 + 2{,}5X_5 \leq 40$; (6) persediaan *tinner*: $8X_1 + 3X_2 + 4X_3 + 2X_4 + 4X_5 \leq 400$; (7) persediaan cat atau pewarna: $2X_1 + X_2 + 1{,}5X_3 + X_4 + 1{,}5X_5 \leq 25$; (8) persediaan tepung *furniture*: $2X_1 + 0{,}5X_2 + 2X_3 + X_4 + X_5 \leq 100$; (9) persediaan kaca: $X_1 + 2X_2 + X_3 \leq 8$. Sehingga fungsi tujuan $Z = 500000X_1 + 225000X_2 + 500000X_3 + 300000X_4 + 450000X_5$ dan fungsi kendala; $0{,}235X_1 + 0{,}117X_2 + 0{,}117X_3 + 0{,}117X_4 + 0{,}176\,X_5 \leq 10$; $3X_1 + X_2 + 1{,}5X_3 + X_4 + 2X_5 \leq 50$; $2{,}5X_1 + X_2 + 1{,}5X_3 + X_4 + 2X_5 \leq 50$; $2X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + 2X_5 \leq 750$; $2X_1 + X_2 + 1{,}5X_3 + 2X_4 + 2{,}5X_5 \leq 40$; $8X_1 + 3X_2 + 4X_3 + 2X_4 + 4X_5 \leq 400$; $2X_1 + X_2 + 1{,}5X_3 + X_4 + 1{,}5X_5 \leq 25$; $2X_1 + 0{,}5X_2 + 2X_3 + X_4 + X_5 \leq 100$; $4X_1 + 2X_2 + X_3 \leq 8$; dan $x_j \geq 0, X_j \in Z\ untuk\ j = 1, 2, 3, 4, 5$

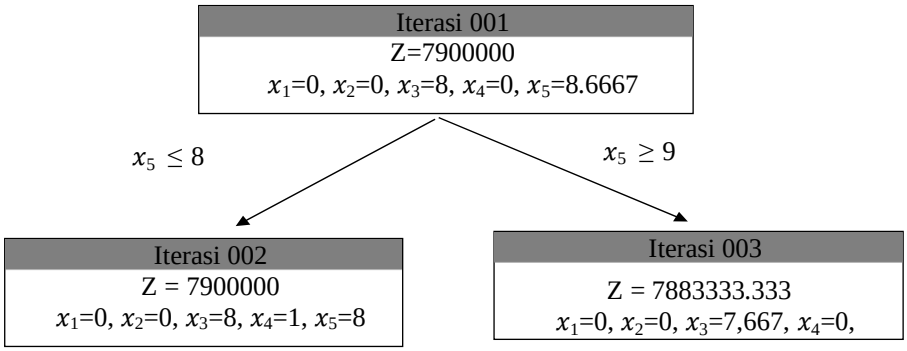
Langkah selanjutnya adalah mengevaluasi nilai (Z) dari masing-masing submasalah untuk memasitikan apakah nilainya kurang dari batas bawah atau lebih besar dari batas atas. Jika nilai solusi lebih besar dari batas atas, maka solusi tersebut tidak layak karena akan menghasilkan hasil tidak memenuhi kendala jika diterapkan. Sebaliknya, jika nilai solusi lebih kecil dari batas bawah, maka solusi tersebut dianggap tidak optimal. Dari situ, solusi untuk submasalah A dan B masih bisa diteruskan, dan karena masih ada masalah yang perlu dibagi lagi, proses iterasi akan dilanjutkan hingga setiap solusi dari submasalah memiliki nilai variabel keputusan dalam bentuk bilangan bulat.



Gambar 1. Codingan *Input* dan hasil *output* pada LINDO

Berdasarkan hasil akhir solusi optimal dengan LINDO bahwa $X_1 = 0, X_2 = 0, X_3 = 8, X_4 = 0, X_5 = 8.666667$. Sehingga dilakukan pencabangan metode *Branch and Bound* yang ditampilkan pada pada gambar 3. Dengan demikian, dari hasil perhitungan menggunakan pendekatan metode Branch and Bound, yang dapat dilihat diatas dan lampiran, sehingga didapatkan hasil optimal yaitu keuntungan maksimal (Z) adalah Rp. 7.900.000 dengan banyaknya produksi untuk setiap jenis mebel adalah 0 buah Lemari Hias, 0 buah Bufet TV, 8 buah Meja Makan, 1 buah Lemari, 8 buah Tempat Tidur.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan



Gambar 3. Pencabangan Metode *Branch and Bound* menggunakan AtoZmath

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan jumlah produksi di Toko Kuala Jaya dengan menggunakan metode *Branch and Bound*. Penelitian ini mengidentifikasi kebutuhan untuk menentukan jumlah produksi optimal yang memaksimalkan keuntungan sambil memenuhi berbagai kendala. Berdasarkan hasil analisis, jumlah produksi optimal tiap jenis mebel dapat diperoleh yaitu: $X_1 = 0$ Buah Lemari Hias, $X_2 = 0$ Buah Bufet TV, $X_3 = 8$ Buah Meja Makan, $X_4 = 1$ Buah Lemari, $X_5 = 8$ Buah Tempat Tidur. Rata-rata pendapatan yang didapat dengan menggunakan metode *Branch and Bound* adalah sebesar Rp.7.900.000. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Branch and Bound* adalah alat yang efektif untuk optimasi jumlah produksi di Toko Kuala Jaya, meskipun ada beberapa keterbatasan dalam hal skalabilitas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada dosen pembimbing saya yang sudah membimbing saya dalam menjalankan penelitian ini hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

Dimyati, T., & Dimyati, A. (1994). *Operations Research Model-Model Pengambilan Keputusan*. Sinar Baru Algensindo.

Faisal, D. M. N., Bagus, H., & Sunarya, S. (2021). Perhitungan metode goal programming untuk optimasi perencanaan produk keripik singkong pada pt. cassava chips. *Bulletin of Applied Industrial Engineering Theory*, *2(1)*.

Khotimah, I., Wijayanti, H., & Setyaningsih, S. (2021). Penjadwalan Integer Linear Programming pada Penjadwalan Produksi Tipe Flowshop dan Program Optimasi Waktu dengan Metode Branch and Bound. *JMT: Jurnal Matematika Dan Terapan*, *3(1)*, 44–51.

Maulana, F., Ruja, I. N., Eskasasnanda, I. D. P., & Sukamto, S. (2022). Pengrajin mebel di Kota Pasuruan (strategi pengrajin mebel Bukir Kota Pasuruan dalam mempertahankan usaha mebel di tengah persaingan dengan industrimebel). *Jurnal Integrasi Dan Harmoni Inovatif Ilmu-Ilmu Sosial (JIHI3S)*, *2(5)*, 404–408.

Nurjanna, N., Ekawati, D., & Fardinah, F. (2022). Penerapan Algoritma Branch and Bound dalam Optimalisasi Produk Tenun Sa'be (Studi Kasus: Toko Sutera Mandar Kec. Campalagian). *Journal of Mathematics: Theory and Applications*, 8–14.

Purba, S. D., & Ahyaningsih, F. (2020). Integer Programming Dengan Metode Branch and Bound

Dalam Optimasi Jumlah Produksi Setiap Jenis Roti Pada Pt. Arma Anugerah Abadi. *Jurnal Karismatika*, *6(03)*, 20–29.

Rangkuti, A. (2019). *7 Model Riset Operasi &Aplikasinya (1st ed.)*. Fisrstbox Media.

Siregar, H. B., & Mansyur, A. (2020). *Program Linier Dan AplikasinyaPada Berbagai Software(1??ed.)*. Bumi Aksara.

Susanti, V. (2021). Optimalisasi Produksi Tahu Menggunakan Program Linear Metode Simpleks. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, *9(2)*, 399–406.

Tahir, W., Wungguli, D., & Payu, M. R. F. (2019). Optimasi Penjadwalan Waktu Kerja Menggunakan Integer Programming. *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains Dan Teknologi*, *7(2)*, 51–55.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengelompokan Pasien dengan Faktor Penyakit Jantung Menggunakan Metode *Principal Component Analysis* dan *K Nearest Neigbors*

Brian Adytia Hutapea
Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
Coresponding Author: brianadytia46@gmail.com

Abstrak, Tujuan penelitian ini adalah mengelompokkan pasien dengan faktor penyebab penyakit jantung menggunakan metode Principal Component Analysis (PCA) dan K-Nearest Neighbors (KNN). Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif dengan data pasien rawat inap yang bertempat di Rumah Sakit Umum (RSU) Haji pada rentang tahun 2021-2023. Metode PCA digunakan untuk mereduksi dimensi data, sehingga hanya faktor-faktor yang paling signifikan yang digunakan dalam analisis. Dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan penting, seperti uji KMO, Bartlett's Test, serta eigenvalue dan eigenvektor. Berdasarkan hasil nilai eigenvector di dapatkan 3 faktor yang paling signifikan dari 7 faktor yang menyebabkan penyakit jantung. Setelah hasil analisis PCA di dapatkan selanjutnya digunakan metode KNN untuk mengelompokkan pasien berdasarkan faktor-faktor yang telah direduksi. Beberapa langkah penting yang harus di lakukan dalam metode KNN tersebut seperti partisi data, perhitungan jarak Euclidean, serta melihat akurasi dari data yang kita uji. Berdasarkan hasil akurasi di dapat nilai 90% pada pengujian data x_test nilai akurasi tersebut menjelaskan bahwa pendeteksian dini dengan mengelompokan pasien yang memiliki faktor penyebab penyakit berhasil di deteksi.
Kata kunci: Nilai eigen, Pengelompokan, Reduksi, PCA, KNN

Abstract*, The purpose of this study is to group patients with factors causing heart disease using the Principal Component Analysis (PCA) and K-Nearest Neighbors (KNN) methods. The research method used is quantitative research with data on inpatients housed at the Haji General Hospital (RSU) in the 2021-2023 range. The PCA method is used to reduce the dimensions of the data, so that only the most significant factors are used in the analysis. In this study, several important stages were carried out, such as the KMO test, Bartlett's Test, and eigenvalue and eigenvector. Based on the results of the eigenvector value, the most significant 3 factors out of 7 factors that cause heart disease are obtained. After the PCA analysis results are obtained, the KNN method is then used to group patients based on the factors that have been reduced. Some important steps that must be taken in the KNN method such as data partitioning, calculation of Euclidean distance, and seeing the accuracy of the data we test. Based on the accuracy results, a value of 90% is obtained on the x_test data test, the accuracy value explains that early detection by grouping patients who have factors that cause disease is successfully detected.*
Keywords*: Eigenvalue, Clustering, Reduction, PCA, KNN,*

Citation : Hutapea, B.A. (2024). Pengelompokan Pasien dengan Faktor Penyakit Jantung Menggunakan Metode Principal Component Analysis dan K Nearest Neigbors. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 139 - 147

PENDAHULUAN

Matematika sebagai bahasa universal yang mendasari ilmu pengetahuan dan teknologi (Ahmad dan Siregar, 2022). Menurut Simangunsong (2021) Secara etimologi matematika berasal dari bahasa Latin yaitu “mathematike” atau “mathenein” yang artinya adalah belajar atau mempelajari. Pada awalnya kata tersebut diambil dari bahasa Yunani kuno “mathema” yang memiliki arti ilmu pengetahuan (Sari & Hasanudin, 2023). Aritmatika, aljabar, geometri, kalkulus, statistika, dan probabilitas adalah cabang utama matematika yang mendukung berbagai aspek kehidupan. Masing-

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

masing cabang matematika ini memiliki peran unik, namun saling terkait dan melengkapi satu sama lain.

Penyakit jantung atau dikenal juga dengan penyakit kardiovaskular merupakan penyakit yang disebabkan oleh gangguan fungsi jantung. Penyakit jantung disebabkan oleh penumpukan plak di arteri koroner, yang menghambat aliran darah ke jantung dan meningkatkan risiko serangan jantung serta komplikasi lainnya (Puji, 2022). Menurut Kurniadi (2013) penyakit jantung koroner merupakan penyakit yang di akibatkan tersumbatnya pembuluh darah yang menyuplai nutrisi dan oksigen ke otot jantung (Rahayu *et al.*, 2021). Menurut WHO (2013) menjelaskan kondisi yang menyebabkan penyakit jantung koroner adalah tingginya jumlah plak/lipid/kolesterol yang menumpuk di dalam arteri koroner. Plak yang menumpuk ini dapat mengganggu kemampuan arteri koroner dalam menyuplai oksigen ke otot jantung (Rachmawati et al., 2020). Menurut Atika *et al* tahun 2021, faktor yang mempengaruhi kejadian penyakit jantung antara lain adalah faktor yang tidak dapat dimodifikasi seperti riwayat keluarga, usia dan jenis kelamin (Tampubolon et al., 2023). Dalam Husni *et al* tahun 2018 menjelaskan faktor lain yang menyebabkan penyakit jantung ada faktor yang dapat dimodifikasi meliputi dislipidemia, aktivitas fisik, merokok, obesitas, diabetes melitus, dan hipertensi (Tampubolon et al., 2023).

Menurut data dari Pusat Pengendalian dan Pencegahan Penyakit Kementerian Kesehatan RI pada tahun 2010, Penyakit Jantung Koroner (PJK) merupakan penyebab kematian keenam terbesar dengan proporsi 4% dari total kematian di Indonesia. Sementara itu, pada tahun 2017, berdasarkan laporan Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI, PJK telah naik menjadi penyebab kematian kedua setelah stroke, dengan angka mencapai 12,9% (Johanis et al., 2020). Dalam data Riskesdes 2018 yang di rujuk dari jurnal (D. C. Rahayu et al., 2021) data prevalensi penyakit jantung berdasarkan diagnosis dokter di Indonesia menunjukkan angka 1,5%. Provinsi Kalimantan Utara memiliki prevalensi tertinggi sebesar 2,8%, diikuti oleh DIY dengan 2,5% dan Gorontalo dengan 2%. Selain ketiga provinsi tersebut, terdapat 8 provinsi lain yang memiliki prevalensi lebih tinggi dibandingkan angka nasional, yaitu Aceh, Sumatera Barat, DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Kalimantan Timur, Sulawesi Utara, dan Sulawesi Tengah.

Principal Component Analisys (*PCA*) atau sering disebut analisis komponen utama adalah teknik yang mengambil data berdimensi tinggi dan menggunakan ketergantungan antar variabel untuk merepresentasikannya secara lebih sistematis. Hal ini menciptakan dimensi yang lebih rendah tanpa kehilangan banyak informasi dalam kumpulan data (Muningsih et al., 2020). K-Nearest Neighbor (KNN) adalah algoritma pengelompokan yang sederhana namun efektif dalam memproses data. Algoritma ini bekerja dengan mengelompokkan data berdasarkan pola dan kemiripan dengan data pelatihan yang sudah ada. Dalam penerapannya pada pengelompokan penyakit jantung, *KNN* dapat digunakan untuk melakukan pengelompokan pasien berdasarkan faktor risiko yang berkaitan dengan penyakit jantung (Sularno et al., 2023).

Pada Penelitian (Dinanti dan Purwadi, 2023), yang membahas mengenai "*Analisis Performa Algoritma K-Nearest Neighbor dan Reduksi Dimensi Menggunakan Principal Component Analysis"*, pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa reduksi dimensi menggunakan *PCA* menghasilkan tiga komponen utama dari delapan variabel pada data asli, yaitu PC1, PC2, dan PC3. Hasil klasifikasi menggunakan algoritma *KNN* menunjukkan hasil jika menggunakan tiga parameter tetangga terdekat (K): $K = 3, K = 5, dan\ K = 7$. Untuk $K = 3$ diperoleh hasil akurasi sebesar $67{,}53\%$, untuk $K = 5$ sebesar $72{,}72\%$, dan untuk $K = 7$ diperoleh hasil akurasi sebesar $77{,}92\%$.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Akbar et al., 2022) mengenai penerapan metode "*PCA dan KNNuntuk klasifikasi data kanker paru-paru"*, dataset digunakan untuk mengklasifikasikan sampel kanker dan non-kanker dengan menggunakan metode ekstraksi fitur *PCA* serta klasifikasi *KNN* dengan nilai $K = 1, 3, 5, 7,$ dan 9. Penelitian ini menghasilkan akurasi terbaik sebesar 98% pada $K = 9$. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode *PCA* dan *KNN* sangat cocok untuk pengolahan dataset kanker paru-paru.

Mengingat tingginya prevalensi penyakit jantung di Indonesia dan kurangnya pemahaman masyarakat mengenai faktor-faktor penyebabnya, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berfokus pada analisis faktor penyebab penyakit jantung. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap penyakit jantung serta memprediksi pasien yang memiliki riwayat penyakit jantung, dengan memperhatikan berbagai faktor penyebab. Fokus penelitian ini adalah pada pasien rawat inap di Rumah Sakit Umum Haji. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat membantu dalam memberikan intervensi medis yang lebih cepat dan tepat, sehingga meningkatkan prognosis pasien dan mengurangi komplikasi yang lebih serius. Pada penelitian ini, metode PCA dan KNNakan diterapkan untuk memprediksi dan menganalisis penyakit jantung berdasarkan faktor-faktor penyebabnya. PCA dipilih karena kemampuannya dalam mereduksi dimensi data, sehingga memungkinkan identifikasi faktor risiko utama tanpa menghilangkan informasi penting. Di sisi lain, KNN digunakan untuk memprediksi pasien berdasarkan faktor-faktor yang terkait dengan penyakit jantung, sehingga memungkinkan prediksi dengan tingkat akurasi tinggi bagi pasien yang memiliki riwayat penyakit jantung. KNN juga terbukti handal dalam menangani data yang mengandung noise dan efektif untuk dataset besar (Akbar *et al*., 2022).

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif. Pada penelitian ini digunakan penelitian kepustakaan atau riset kepustakaan dan penelitian studi kasus sebagai jenis penelitian. Riset kepustakaan adalah kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat serta mengolah bahan penelitian. Penelitian kepustakaan adalah melakukan penelusuran dengan penelaahan terhadap beberapa literatur yang mempunyai relevansi dengan topik pembahasan. Penelitian studi kasus adalah penelitian yang dilakukan dalam kejadian nyata dengan menggunakan cara yang sistematis dalam melakukan pengamatan, pengumpulan data dan pelaporan hasilnya. Informasi dari penelitian ini dikumpulkan dari referensi jurnal, dan data kasus dari Rumah Sakit Umum Haji Medan. Pada penelitian ini menggunakan data primer. Data primer berupa hasil observasi yang di laksanakan di Rumah Sakit Umum Haji Kota Medan, yang beralamat di Jl. Rumah Sakit Haji No.47, Kenangan Baru, Kec. Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara.

Menurut (Muningsih *et al.,* 2020) *PCA* adalah teknik yang mengambil data berdimensi tinggi dan menggunakan ketergantungan antar variabel untuk merepresentasikannya secara lebih sistematis. Hal ini menciptakan dimensi yang lebih rendah tanpa kehilangan banyak informasi dalam kumpulan *data*. Langkah-langkah *PCA* sebagai berikut; (1) Uji KMO dan Bartlett's Test dilakukan untuk menguji kelayakan variabel yang telah ditetapkan; (2) Uji MSA digunakan untuk mengukur korelasi parsial antar variabel, dengan nilai berkisar antara 0 hingga 1; (3) Factoring dilakukan untuk menurunkan satu atau lebih faktor dari variabel yang telah diuji; (4) Estimasi bobot faktor didasarkan pada nilai eigen yang lebih besar dari satu; (5) Skor faktor digunakan untuk merepresentasikan variabel dalam masing-masing faktor dan dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut; (6) Model

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

faktor dihitung berdasarkan rumus yang dikemukakan oleh Rosyada dan Utari (2024) dengan persamaan: $PC_1 = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \cdots + a_{ip}X_p$; dimana, $PC_1 =$ komponen utama $ke - i$, a_{i1} =koefisien atau bobot dari variabel, X_p =Nilai variabel $ke - p$, p =jumlah total variabel.

K-Nearest Neighbor (*KNN*) adalah sebuah metode supervised yang berarti membutuhkan data training untuk mengklasifikasikan objek yang jaraknya paling dekat. Prinsip kerja K-Nearest Neighbor adalah mencari jarak terdekat antara data yang akan di evaluasi dengan k tetangga (neighbor) dalam data testing (Devita *et al.*, 2018). Menurut (Aini *et al.*, 2018) Secara umum langkah-langkah untuk perhitungan *KNN* pada penelitian ini, yaitu; (1) menentukan nilai K; (2) menghitung jarak antara data training dan data testing yang bersifat numerik; (3) mengurutkan jarak dari yang terkecil hingga terbesar; (4) memilih K data terdekat; (5) menentukan kelas mayoritas; dan (6) analisisi hasil.

Algoritma *KNN* menggunakan klasifikasi lingkungan sebagai prediktor dari sampel data uji baru. Jarak yang digunakan adalah jarak Euclidean. Jarak Euclidean adalah salah satu cara yang paling umum digunakan untuk data numerik. Untuk menghitung jarak antara dua titik $x\ dan\ y$ dapat menggunakan jarak Euclidean sebagai berikut (Aini, Sari, & Arwan, 2018) Dengan d adalah jarak antara titik $x\ dan\ y$ yang diklasifikasi, dimana $z = 1, 2, \ldots, , dan\ y = yi, y2, , y, x$ adalah data uji, y adalah data latih, i adalah banyaknya citra serta n merupakan banyaknya ciri statistik yang digunakan.

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - y_i)^2} \quad (1)$$

Menurut (Ulinnuh & Veriani, 2020) standarisasi diterapkan ketika terdapat perbedaan besar dalam ukuran satuan pada variabel yang diamati. Satuan yang sangat berbeda dapat membuat hasil perhitungan dalam analisis menjadi kurang valid. Oleh karena itu, penting untuk melakukan standarisasi data dengan mengubah data aktual terlebih dahulu sebelum melanjutkan analisis lebih lanjut dengan persamaan 2 dimana Z_p =nilai Z score data; x_{ap} =nilai data; $\bar{x}_p$ =nilai rata rata data; dan S_p = nilai standar deviasi data.

$$Z_p = \frac{x_{ap} - \bar{x}_p}{S_p} \quad (2)$$

Simpangan baku atau standar deviasi adalah nilai statistik yang dimanfaatkan untuk menentukan bagaimana sebaran data dalam sampel, serta seberapa dekat titik data individu ke mean atau rata-rata nilai sampel (Hidayat et al., 2019). Menurut Marliana (2016) cara menghitung Simpangan Baku untuk data menggunakan persamaan 3 dimana;S =simpangan baku; x_i =nilai x ke-i; x =Rata-rata; dan N =Jumlah data populasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{(N)}} \quad (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan dalam penelitian ini berfokus pada proses dan hasil pengelompokan pasien yang memiliki faktor penyebab penyakit jantung menggunakan metode PCA dan K-Nearest Neighbors (KNN). Analisis dimulai dengan mereduksi dimensi data menggunakan PCA untuk mengidentifikasi faktor-faktor signifikan, yang kemudian menjadi dasar pengelompokan pasien melalui algoritma KNN.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Tabel 1. Data Penelitian

Nama Pasien	Jenis Kelamin	Umur (Thn)	Kolestrol	Hipertensi (mmHg)	Gula Darah (mg/dL)	Heart Rate (x/menit)	Hemogoblin (g/dL)
A Effendi	L	75	274	164/92	105	102	11,7
A Jumin Prayetno	L	61	154	130/80	90	80	12,8
A Saleh Situmorang	L	68	102	155/72	95	103	10,3
A Syaifin Lubis	L	63	135	155/90	106	87	11,2
A.Gazali Harsoyo	L	78	100	133/80	100	84	9,6

Berdasarkan tabel 1 terdapat delapan variabel yang dianalisis dengan jumlah data sebanyak 150 sampel pasien. Variabel-variabel tersebut meliputi Nama Pasien, Umur, Jenis Kelamin, Kolesterol, Hipertensi, Gula Darah, Hemoglobin, dan Heart Rate. Mengkonversi variabel dalam data ke bentuk biner adalah teknik praproses yang umum digunakan dalam analisis data, terutama untuk kategori variabel yang tidak bisa diproses langsung oleh beberapa algoritma pemodelan. Dalam teknik ini, nilai kategori variabel diubah menjadi dua angka, yaitu 0 dan 1. Variabel Jenis kelamin, untuk jenis kelamin "L" di representasikan dengan nilai biner 1, untuk jenis kelamin "P" di representasikan dengan nilai biner 0. Variabel hipertensi direpsentasikan dimana tekanan sistolik $>$ 120 dan tekanan distoliknya $>$ 80 maka bernilai 1, jika selain itu bernilai 0, sehingga perubahan data dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data setelah *preprocessing*

Umur	Jenis Kelamin	Kolestrol	Hipertensi	Gula Darah (mg/dL)	Heart Rate (x/menit)	hemogoblin (g/dL)
75	1	274	1	105	102	11,7
61	1	154	0	90	80	12,8
68	1	102	0	95	103	10,3
63	1	135	1	106	87	11,2

Standarisasi data dilakukan untuk mengurangi variabilitas yang disebabkan oleh perbedaan skala dan unit pada data yang dikumpulkan. Standarisasi merupakan langkah penting untuk memastikan bahwa setiap variabel memiliki kontribusi yang seimbang dalam analisis statistik yang dilakukan. Tanpa standarisasi, variabel dengan skala yang lebih besar dapat mendominasi hasil analisis, sehingga mengaburkan kontribusi variabel lain yang mungkin lebih kecil namun tetap signifikan.

Tabel 3. Hasil Standarisasi Data

Umur	Jenis_Kelamin	Kolestrol	Hipertensi	Gula_Darah	Heart_Rate	Hemoglobin
1,69264732	0,7259992	1,0243012	1,2552419	-0,52999205	0,85203621	-0,33529646
0,69585557	0,7259992	-0,41353874	-0,7913481	-0,71951559	-0,7779461	0,1017013
1,19425144	0,7259992	-1,03660272	-0,7913481	-0,65634107	0,92612631	-0,89147543
0,83825439	0,7259992	-0,64119673	1,2552419	-0,51735714	-0,25931537	-0,53393181

Analisis Data dengan PCA

Uji KMO dan *MSA*, setelah data di standarisasi maka langkah selanjut-nya data tersebut di analisis dengan menggunakan metode *PCA*. Sebelum menerapkan *PCA*, seringkali dilakukan pengujian **Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)** untuk memastikan kecukupan sampel dalam analisis faktor. Berdasarkan data yang di standarisasi di lakukan uji *KMO* diperolah hasil nilai MSA,variabel Umur memiliki nilai sebesar 0.68, sedangkan Jenis Kelamin memiliki nilai 0.31. Variabel Kolesterol tercatat dengan nilai 0.69, sementara Hipertensi memiliki nilai tertinggi, yaitu 0.78. Selanjutnya, Gula Darah menunjukkan nilai 0.82, diikuti oleh Heart Rate dengan 0.74. Terakhir, variabel Hemoglobin

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

memiliki nilai 0.40. Berdasarkan Tabel 4.4 menunjukkan hasil analisis Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) yang mengevaluasi kecukupan sampel faktor untuk berbagai variabel. Nilai *KMO* keseluruhan adalah 0.7, menunjukkan bahwa data cukup memadai untuk analisis faktor. Variabel dengan nilai *MSA* tertinggi adalah Gula_Darah (0.82), yang menunjukkan bahwa variabel ini sangat sesuai untuk analisis faktor. Sebaliknya, variabel Jenis_Kelamin memiliki nilai *MSA* terendah (0.31), menunjukkan ketidaksesuaian untuk analisis faktor karena nilai ini di bawah ambang batas 0.5 yang dianggap memadai.

Pembentukan matriks kovarians sebagai langkah lanjutan setelah hasil nilai uji *MSA* di lakukan. Matriks kovarians memainkan peran penting dalam analisis faktor. Dalam konteks analisis faktor, matriks kovarians digunakan untuk mengidentifikasi kelompok variabel yang memiliki hubungan kuat satu sama lain, yang kemudian dapat dikelompokkan ke dalam faktor yang sama. Dengan memahami pola hubungan ini, dapat mengurangi kompleksitas data melalui pengelompokan variabel yang berkorelasi tinggi ke dalam faktor-faktor yang signifikan, sehingga memudahkan dalam interpretasi dan pemahaman struktur data secara keseluruhan. Matriks kovarians sangat penting dalam analisis faktor karena memperlihatkan sejauh mana variabel-variabel tersebut saling berkorelasi.

Tabel 4. Matriks Kovarians

Variabel	Umur	Kolestrol	Hipertensi	Gula_Darah	Heart_Rate
Umur	1	0,3241224	0,2746633	0,1666599	0,2035367
Kolestrol	0,3241224	1	0,5726069	0,3586189	0,6315073
Hipertensi	0,2746633	0,5726069	1	0,2905335	0,5566627
Gula_Darah	0.,1666599	0,3586189	0,2905335	1	0,4128923
Heart_Rate	0,2035367	0,6315073	0,5566627	0,4128923	1

Setelah membentuk matriks kovarians langkah selanjut-nya ialah mengetahui nilai eigen (*eigen values*) dan vektor eigen (*eigen vectors*). Nilai eigen mengukur jumlah varians yang dijelaskan oleh masing-masing faktor, sedangkan vektor eigen mewakili arah dalam ruang data yang menjelaskan varians tersebut. Berikut hasil nilai eigen dan vektor eigen ialah sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Nilai Eigen dan Vektor Eigen

Eigen decomposition values					
[1]	2,5893652	0,8749774	0,741058	0,4433366	0,3512628
Vektors					
	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]	[,5]
[1,]	−0,2956075	0,895463086	−0,2914065	0,03611887	−0,15665
[2,]	−0,5234816	0,001200434	0,213341	0,43821707	0,698868
[3,]	−0,4872612	0,000165886	0,3979391	−0,7773159	0,00095
[4,]	−0,3714565	−0,367368302	−0,8259588	−0,1899574	0,093643
[5,]	−0,5130105	−0,251366116	0,1703071	0,40786931	−0,69157

Berdasarkan Tabel 5, analisis menunjukkan lima nilai eigen, namun hanya satu yang lebih besar dari 1, yaitu 2.5893652, sehingga hanya komponen pertama yang dianggap signifikan dalam menjelaskan varians data. Hasil vektor eigen menunjukkan bahwa nilai eigen pertama memiliki nilai tertinggi, menjelaskan sebagian besar variansi dalam data. Setelah vektor eigen terbesar terpilih, analisis PCA digunakan untuk mentransformasi data ke dalam ruang baru, memungkinkan reduksi dimensi tanpa kehilangan banyak informasi. Variabel Kolesterol, Heart Rate, dan Hipertensi memiliki kontribusi terbesar dalam komponen utama pertama, yang menggambarkan faktor Kesehatan Kardiovaskular sebagai aspek utama dalam data ini.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pembentukan *principal component scores*, yaitu nilai-nilai yang mewakili proyeksi setiap sampel ke dalam ruang yang dibentuk oleh *principal components*. Proses ini mereduksi dimensi dataset asli yang mungkin memiliki banyak variabel, menjadi beberapa komponen utama yang merangkum sebagian besar variabilitas dalam data. Dengan demikian, dataset baru ini lebih sederhana dan lebih mudah diinterpretasi sebagai hasil *Principal component score*s (tabel 6).

Tabel 6. Nilai Principal Score

No	Komponen_Utama	Penyakit
1	-1.88842725	Sakit Jantung
2	1.06273638	Tidak Sakit Jantung
3	0.34389567	Tidak Sakit Jantung
4	-0.1985631	Tidak Sakit Jantung
5	0.84467409	Tidak Sakit Jantung

Analisis dengan Metode (KNN)

Partisi data, setelah nilai dari principal score di temukan maka data tersebut di lakukan partisi dimana data yang digunakan berjumlah 150 sampel. Data tersebut dibagi menjadi dua subset, yaitu *X_train* dan *X_test*. Sebanyak 80% dari keseluruhan data, yaitu 120 sampel, dialokasikan untuk subset *X_train*, yang digunakan untuk melatih model. Sisanya, sebanyak 30 sampel atau 20% dari total data, dimasukkan ke dalam subset *X_test*, yang digunakan untuk menguji kinerja model setelah proses pelatihan.

Euclidean distance atau jarak Euclidean adalah salah satu cara yang paling umum digunakan untuk data numerik. Untuk menghitung jarak antara dua titik $x\ dan\ y$ dapat menggunakan jarak Euclidean sebagai berikut (Aini, Sari, & Arwan, 2018). Dalam konteks *KNN* Euclidean distance digunakan untuk mengukur seberapa dekat atau jauhnya satu titik data dengan titik data lainnya. Berikut ialah hasil perhitungan jarak dengan menggunakan metode Euclidean dari data yang sudah di partisi. Dengan menggunakan data x_test yang pertama. Berdasarkan tabel 7 menunjukan perhitungan jarak yang dilakukan dengan pendekatan Euclidean, tujuan perhitungan jarak di lakukan untuk memperoleh hasil tetangga terdekat antar data

Tabel 7. Perhitungan Jarak Euclidean

No	X_test1	X_train	Distance
1	-1.888427	-0.1985631	1.68986415
2	-1.888427	0.84467409	2.73310134
3	-1.888427	0.52939149	2.41781874
4	-1.888427	0.57565535	2.4640826
5	-1.888427	-1.48942925	0.39899801

Pengurutan jarak merupakan salah satu langkah dalam algoritma *KNN*, setelah jarak Euclidean antara data *train* dan data *test* dihitung langkah berikutnya adalah mengurutkan jarak-jarak tersebut dari yang terkecil hingga yang terbesar. Pengurutan ini diperlukan untuk mengetahui data *test* yang paling dekat dengan data *train*, sehingga data dengan jarak terkecil akan menjadi yang paling relevan dalam proses klasifikasi atau prediksi.

Proses pengelompokan metode KNN, dimulai dari menentukan *k* tetangga terdekat merupakan langkah pertama dalam proses pengelompokan menggunakan metode *KNN*. Setelah jarak antara data train dan setiap data test dihitung, dan data tersebut diurutkan berdasarkan jarak terkecil hingga terbesar. Maka langkah selanjut ialah menentukan nilai *k*, pada penelitian ini menggunakan nilai $k = 3$. Berdasarkan hasil pengurutan yang sudah di lakukan, Tabel 8 merupakan hasil analisis pengelompokan data:

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Tabel 8. Hasil Prediksi Data X_test

No	X_test	Actual	Prediksi
1	-1,8884273	Sakit Jantung	Sakit Jantung
2	1,0627364	Tidak Sakit Jantung	Tidak Sakit Jantung
3	0,3438957	Tidak Sakit Jantung	Tidak Sakit Jantung
4	0,2529750	Tidak Sakit Jantung	Tidak Sakit Jantung
5	-2,5563855	Sakit Jantung	Sakit Jantung

Berdasarkan tabel 8**,** baris pertama menunjukkan bahwa untuk nilai X_test dengan nilai -1.8884273 dimana pada label Actual adalah "Sakit Jantung" yang arti data X_test yang pertama memiliki riwayat penyakit jantung dengan menggunakan model *KNN* juga memprediksi hal yang sama yaitu "Sakit Jantung". Ini berarti prediksi model benar. Evaluasi hasil prediksi pada metode KNNmerupakan proses untuk menilai sejauh mana model *KNN* yang dibangun mampu melakukan prediksi yang akurat berdasarkan data yang sudah di prediksi. Evaluasi ini penting untuk menentukan apakah model *KNN* tang sudah di prediksi dapat di percaya keakuratan-nya. Berikut ialah Evaluasi Hasil Prediksi model *KNN*, pertama Mean Squared Error (MSE) adalah metode alternatif untuk mengevaluasi teknik peramalan dengan cara mengkuadratkan setiap kesalahan (Pramana *et al.*, 2022), berdasarkan hasil diperoleh **MSE: 0.1. kemudian nilai *Accuracy*: 0.9** atau 90%, nilai ini yang merupakan proporsi dari prediksi yang benar terhadap total keseluruhan prediksi (W. I. Rahayu *et al.*, 2021).

KESIMPULAN

Penelitian ini menganalisis faktor risiko penyakit jantung menggunakan data rekam medis dari 150 pasien di Rumah Sakit Umum Haji. Variabel yang digunakan mencakup umur, jenis kelamin, kolesterol, hipertensi, gula darah, hemoglobin, dan heart rate, yang dipilih karena relevansinya dalam mengidentifikasi risiko penyakit jantung. Dengan PCA, variabel yang kompleks direduksi menjadi komponen utama, di mana kolesterol, heart rate, dan hipertensi diidentifikasi sebagai faktor risiko utama. Reduksi dimensi ini menyederhanakan interpretasi data tanpa kehilangan informasi penting. Setelahnya, KNN diterapkan untuk mengelompokkan pasien berdasarkan skor komponen utama, menggunakan jarak Euclidean untuk mengkategorikan mereka berdasarkan kesamaan faktor risiko. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi PCA dan KNN efektif dalam menganalisis dan memprediksi risiko penyakit jantung, dengan tingkat akurasi yang tinggi. PCA membantu menyederhanakan data dengan menyoroti variabel paling berpengaruh, sementara KNN memanfaatkan informasi ini untuk prediksi yang akurat dan relevan secara klinis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada Bapak Sudianto Manullang, S.Si., M.Sc., selaku dosen pembimbing, orang tua tercinta, serta semua pihak yang telah memberikan dukungan, baik moril maupun materiil, dalam penyusunan skripsi ini. Apresiasi khusus juga saya sampaikan kepada pemberi dana penelitian dan pihak-pihak yang membantu pelaksanaan penelitian. Semoga segala bantuan yang diberikan mendapat balasan yang setimpal.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, M., & Siregar, A. U. (2022). *Pendidikan matematika realistik untuk membelajarkan kreativitas dan komunikasi matematika.* Pekalongan: PT Nasya Expanding Management.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Aini, S. H., Sari, Y. A., & Arwan, A. (2018). Seleksi Fitur Information Gain untuk Klasifikasi Penyakit Jantung Menggunakan Kombinasi Metode K-Nearest Neighbor dan Naïve Bayes. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*.

Akbar, J. M., Sabirin, M., Nugraha, G. S., & Alamsyah, N. (2022). Penerapan Metode Principal Component Analysis (*PCA*) dan K- Nearest Neighbors (*KNN*) Untuk Klasifikasi Data Kanker Paru Paru. *Jurnal Teknologi Informasi, Komputer dan Aplikasinya (JTIKA)*.

Devita, R. N., Herwanto, H. W., & Wibawa, A. P. (2018). Perbandingan Kinerja Metode Naive Bayes dan K- Nearest Neighbor Untuk Klasifikasi Artikel Berbahasa Indonesia. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)*.

Hidayat, R. N., Awaluddin, M., & Sabri, L. M. (2019). Analisis Desain Jaring GNS Berdasarkan Fungsi Presisi (Studi Kasus : Titik Geoid Geometri Kota Semarang). *Jurnal Geodesi Undip*.

Johanis, I. J., A, I., Hinga, T., & Sir, A. B. (2020). Faktor Risiko Hipertensi, Merokok Dan Usia Terhadap Kejadian Penyakit Jantung Koroner Pada Pasien Di Rsud Prof. Dr. W. Z. Johannes Kupang. *Media Kesehatan Masyarakat* .

Marliana, R. R. (2016). *Probabilitas dan Statistika.* Sumedang.

Muningsih, E., Hasan, N., & Sulistyo, G. B. (2020). Bianglala Informatika Penerapan Metode Principle Component Analysis (*PCA*) untuk Clustering Data Kunjungan Wisatawan Mancanegara ke Indonesia. Bianglala Informatika, 8(2), 2020. www.bps.go.id

Pramana, D. B. A., Amalina, T., & Adam, R. I. (2022). Analisis K-Means Clustering Pada Pengiriman Produk Bearing. Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, 8(15), 128–137. https://doi.org/10.5281/zenodo.7048988

Puji, A. (2022). *Penyakit Jantung (Penyakit Kardiovaskuler)*. Retrieved from Hellosehat: https://hellosehat.com/jantung/penyakit-jantung/pengertian-penyakit-jantung/

Rachmawati, C., Martini, S., & Artanti, K. D. (2021). Analisis Faktor Risiko Modifikasi Penyakit Jantung Koroner Di RSU Haji Surabaya Tahun 2019. *Media Gizi Kesmas*.

Rahayu, D. C., Hakim, L., & Harefa, K. (2021). Faktor Faktor Yang Mempengaruhi Kejadian Penyakit Jantung Koroner Di RSUD Rantau Prapat Tahun 2020. *PREPOTIF Jurnal Kesehatan Masyarakat*.

Rosyada, I. A., & Utari, D. T. (2024). Penerapan Principal Component Analysis untuk Reduksi Variabel pada Algoritma K-Means Clustering. Jambura J. Probab. Stat, 5(1), 6–13. https://doi.org/10.34312/jjps.v5i1.18733

Sari, D. R. (2023). Metode Principal Component Analysis (*PCA*) Sebagai Penanganan Asumsi Multikolinearitas . *JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN TERAPANNYA*.

Sari, M., & Hasanudin, C. (2023). Manfaat Ilmu Matematika Bagi Peserta Didik Dalam Kehidupan. *Prosiding*.

Sularno, M. F., Wiyanto, W., Ardiatma, D., & Turmudi, A. (2023). Penerapan Algoritma K-Nearest NeighborDalam Klasifikasi Penyakit Jantung. *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*.

Supranto. (2004). Analisis multivariat arti dan interpretasi (Supranto, Ed.; pertama). Rineka Cipta.

Tampubolon, L. F., Ginting, A., & Saragi, F. E. (2023). Gambaran Faktor Yang Mempengaruhi Kejadian Penyakit Jantung Koroner (PJK) Di Pusat Jantung Terpadu (PJT). *Jurnal Ilmiah Permas*.

WHO. (2020). *The top 10 causes of death*. Retrieved from WORLD HEALTH ORGANIZATION.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Perbandingan Proporsionalitas Metode Sainte-Laguë dan D'Hondt dalam Penentuan Alokasi Kursi Legislatif Menggunakan Indeks Least Squares

Galuh Ayu Wulandari[1*] & Sutanto[2]
[1,2]*Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret, Indonesia*
*Coressponding Author: *galuhayuw283@student.uns.ac.id*

Abstrak, Sistem pemilu proporsional merupakan sistem pemilihan umum yang memperhatikan prinsip proporsionalitas. Proporsionalitas merupakan konsep yang merepresentasikan kesesuaian antara proporsi suara dengan jumlah kursi legislatif yang diperoleh oleh partai politik. Dalam sistem pemilu proporsional, proporsionalitas merupakan faktor penting untuk memastikan alokasi kursi legislatif telah merepresentasikan perolehan suara secara adil. Indeks least squares merupakan indikator yang digunakan untuk mengidentifikasi disproporsionalitas dalam sistem pemilu, dengan menghitung selisih kuadrat antara persentase suara dan kursi yang diterima oleh masing-masing partai. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan metode Sainte-Laguë dan D'Hondt menggunakan indeks least square dengan mempertimbangkan pengaruh district magnitude, yaitu jumlah kursi yang diperebutkan dalam suatu daerah pemilihan. Analisis regresi diterapkan untuk memodelkan hubungan antara jumlah kursi dan tingkat proporsionalitas pada masing-masing metode. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan signifikan pada tingkat proporsionalitas yang dihasilkan oleh metode Sainte-Laguë dan D'Hondt. Secara khusus, metode Sainte-Laguë cenderung menghasilkan tingkat proporsionalitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode D'Hondt, terutama pada daerah pemilihan dengan jumlah kursi yang lebih besar.
Kata kunci: Indeks least squares; Metode Sainte-Laguë; Metode D'Hondt; Proporsionalitas.

***Abstract**, The proportional electoral system is an election system that refer to the principle of proportionality. Proportionality represents the alignment between the proportion of votes received and the number of legislative seats obtained by political parties. In a proportional electoral system, proportionality is a critical factor in ensuring that the allocation of legislative seats fairly represents the distribution of votes. The least squares index is an indicator used to identify disproportionality in the electoral system by calculating the squared differences between the percentage of votes and seats obtained by each party. This study aims to compare the Sainte-Laguë and D'Hondt methods using the least squares index, considering the impact of district magnitude, which refers to the number of seats contested in an electoral district. Regression analysis is employed to model the relationship between the number of seats and the level of proportionality for each method. The findings indicate significant differences in the proportionality levels produced by the Sainte-Laguë and D'Hondt methods. Specifically, the Sainte-Laguë method tends to achieve higher proportionality compared to the D'Hondt method, particularly in electoral districts with larger numbers of seats.*
***Keywords**: D'Hondt Methods; Least Squares Index; Sainte-Laguë Method; Proportionality.*

Citation : Wulandari, G. A., & Sutanto (2024). Perbandingan Proporsionalitas Metode Sainte-Laguë dan D'Hondt dalam Penentuan Alokasi Kursi Legislatif Menggunakan Indeks Least Squares. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 148 – 156

PENDAHULUAN

Sistem proporsional merupakan sistem pemilihan umum yang mempertimbangkan proporsi antara jumlah suara dan kursi yang diperoleh partai dalam suatu daerah pemilihan, sehingga distribusi kursi legislatif diharapkan dapat merepresentasikan suara pemilih, (Ginanjar et al., 2020). Hal ini merujuk pada prinsip proporsionalitas, yaitu jumlah kursi yang dimenangkan harus merepresentasikan secara tepat persentase suara partai yang diperoleh, (Bochsler et al., 2024). Tingkat proporsionalitas dipengaruhi oleh metode yang digunakan. Rumus yang berbeda dapat

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

menghasilkan hasil yang berbeda meskipun dengan distribusi suara yang sama, (Benoit, 2000). Dua metode sistem proporsional yang umum digunakan adalah metode Sainte-Laguë dan D'Hondt. Perbedaan keduanya terletak pada bilangan pembaginya, metode Sainte-Laguë menggunakan bilangan ganjil sedangkan metode D'Hondt menggunakan bilangan asli, (Gallagher, 1991). Selain pemilihan metode pemilu, *district magnitude* (M) juga merupakan salah satu faktor yang memengaruhi tingkat proporsionalitas, (Benoit, 2001). Secara sederhana, M merupakan jumlah kursi yang diperebutkan dalam suatu daerah pemilihan. Jika nilai M rendah maka tingkat proporsionalitas cenderung menurun, partai besar akan memenangkan kursi sedangkan partai kecil sulit untuk mendapatkan kursi. Hal ini mengakibatkan tingkat proporsionalitas menurun. Sebaliknya, jika nilai M tinggi maka tingkat proporsionalitas akan meningkat, partai kecil memiliki peluang lebih besar untuk mendapatkan kursi karena jumlah kursi yang diperebutkan lebih besar.

Permasalahan ini menimbulkan urgensi untuk mengukur tingkat proporsional setiap metode dengan memperhitungkan faktor M. Untuk mengevaluasi tingkat proporsionalitas dari masing-masing metode, indeks least squares (indeks Gallagher) sering digunakan. Indeks least squares mengukur disproporsionalitas dengan menghitung selisih kuadrat antara persentase suara dan kursi yang diperoleh masing-masing partai, (Gallagher, 1991). Nilai indeks yang rendah menunjukkan bahwa metode pemilu cukup proporsional, sedangkan nilai indeks yang tinggi menunjukkan bahwa metode pemilu kurang proporsional. Penelitian terdahulu telah memberikan kontribusi yang substansial dalam kajian ini. (Lijphart, 2003), melalui pendekatan teoretis, mengidentifikasi bahwa metode Sainte-Laguë memiliki tingkat proporsionalitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode D'Hondt. Penemuan ini kemudian diperkuat oleh penelitian empiris (Gallagher, 1991), yang mengembangkan indeks least squares sebagai indikator disproporsionalitas yang lebih tepat. Kemudian, (Benoit, 2000) memperluas ruang lingkup penelitian dengan memperhatikan pengaruh *district magnitude* (M) terhadap tingkat proporsionalitas sistem pemilu. Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada analisis lebih lanjut menggunakan analisis regresi untuk memodelkan hubungan M dengan proporsionalitas pada masing-masing metode. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan proporsionalitas metode Sainte-Laguë dan D'Hondt menggunakan indikator indeks least squares dengan memperhatikan faktor M.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur dengan mempelajari referensi berupa buku, jurnal, skripsi, dan tesis mengenai proporsionalitas, sistem pemilu proporsional, analisis regresi, indeks least square, metode Sainte-Laguë dan D'Hondt serta implementasinya dalam berbagai bidang. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Komisi Pemilihan Umum. Data tersebut berupa data rekapitulasi hasil perolehan suara setiap partai politik dan jumlah kursi yang tersedia (*district magnitude*) pada pemilu DPR RI 2024 di Pulau Jawa. Daerah pemilihan di Pulau Jawa terdiri dari enam provinsi yaitu DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Daerah Istimewa Yogyakarta, dan Banten, dengan total 39 daerah pemilihan. Adapun *district magnitude* untuk DPR RI berkisar antara tiga hingga sepuluh kursi. Berikut merupakan teori dan metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini

Metode Sainte-Laguë adalah salah satu metode rata-rata tertinggi dalam sistem pemilu proporsional yang digunakan untuk alokasi kursi legislatif (Kalandrakis & Rueda, 2020). Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh matematikawan Prancis Andre Sainte-Laguë pada tahun 1910.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Dalam metode Sainte-Laguë, kursi dialokasikan menggunakan bilangan pembagi ganjil $(1, 3, 5, \dots)$, (Taagepera, 2017). Diasumsikan n adalah banyak partai, m adalah jumlah kursi yang tersedia, V_i adalah jumlah suara partai ke-i dengan $i = 1,2,\dots,n, K_j$ adalah alokasi kursi ke-j dengan $j = 1,2,\dots,m$, dan S adalah total suara yang diperoleh semua partai, $S = \sum V_i = V_1 + V_2 + \dots + V_n$, maka probabilitas suatu partai memenangkan kursi adalah $\frac{V_i}{S}$. Jika X adalah matriks probabilitas suatu partai memenangkan kursi dan T adalah matriks transisi bilangan pembagi, maka matriks hasil bagi perolehan suara juga dapat ditulis seperti pada persamaan 1 dan pembagian kursi menggunakan persamaan 2.

$$A = XT = \begin{bmatrix} \frac{V_1}{S} \\ \frac{V_2}{S} \\ \vdots \\ \frac{V_n}{S} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{S}{1} & \frac{S}{3} & \frac{S}{5} & \dots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_1}{1} & \frac{V_1}{3} & \frac{V_1}{5} & \dots \\ \frac{V_2}{1} & \frac{V_2}{3} & \frac{V_2}{5} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ \frac{V_n}{1} & \frac{V_n}{3} & \frac{V_n}{5} & \dots \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$K_j = max\left(\frac{V_i}{2k-1}\right), k \in \mathbb{N} \quad (2)$$

Metode D'Hondt adalah salah satu metode rata-rata tertinggi dalam sistem pemilu proporsional. Metode ini diperkenalkan oleh seorang matematikawan Belgia Victor D'hondt pada tahun 1878, (Kotanidis, 2019). Dalam metode D'Hondt, jumlah total suara setiap partai dibagi dengan pembagi bilangan asli $(1, 2, 3, 4, \dots)$. Diasumsikan n adalah banyak partai, m adalah jumlah kursi yang tersedia, V_i adalah jumlah suara partai ke-i dengan $i = 1,2,\dots,n, K_j$ adalah alokasi kursi ke-j dengan $j = 1,2,\dots,m$, dan S adalah total suara yang diperoleh semua partai, $S = \sum V_i = V_1 + V_2 + \dots + V_n$, maka probabilitas suatu partai memenangkan kursi adalah $\frac{V_i}{S}$. Jika X adalah matriks probabilitas suatu partai memenangkan kursi dan T adalah matriks transisi bilangan pembagi, maka matriks hasil bagi perolehan suara juga dapat ditulis seperti persamaan 3 dengan persamaan 4 sebagai pembagian kursi

$$A = XT = \begin{bmatrix} \frac{V_1}{S} \\ \frac{V_2}{S} \\ \vdots \\ \frac{V_n}{S} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{S}{1} & \frac{S}{2} & \frac{S}{3} & \dots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_1}{1} & \frac{V_1}{2} & \frac{V_1}{3} & \dots \\ \frac{V_2}{1} & \frac{V_2}{2} & \frac{V_2}{3} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ \frac{V_n}{1} & \frac{V_n}{2} & \frac{V_n}{3} & \dots \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$K_j = max\left(\frac{V_i}{k}\right), k \in \mathbb{N} \quad (4)$$

Indeks least squares (indeks Gallager) pertama kali diperkenalkan oleh (Gallagher, 1991) . Indeks least squares didefinisikan sebagai indikator yang digunakan untuk mengidentifikasi disproporsionalitas dalam sistem pemilu. Indeks ini menghitung perbedaan antara presentase suara dan kursi yang diperoleh partai dalam suatu daerah pemilihan. Nilai indeks yang rendah mencerminkan hasil yang cukup proporsional, sedangkan nilai indeks yang tinggi mencerminkan hasil yang kurang proporsional. Gallagher mendefinisikan formula Indeks Least Squares (persamaan 5) Dengan V_i adalah persentase suara partai ke-i dan S_i adalah persentase kursi yang diperoleh partai ke-i.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

$$ILS = \sqrt{\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}(V_i - S_i)^2} \quad (5)$$

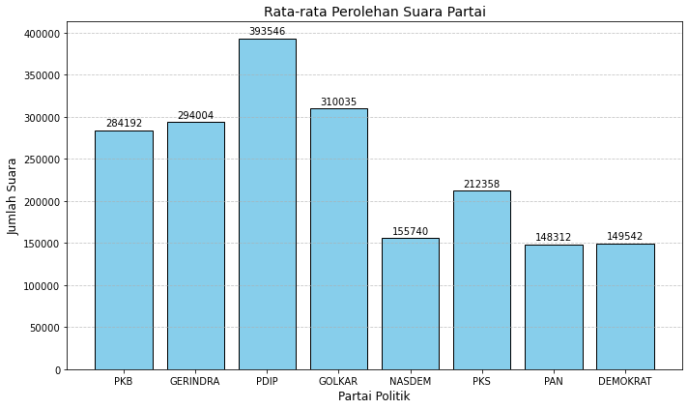
District magnitude (M) adalah jumlah kursi yang diperebutkan dalam suatu daerah pemilihan. Jumlah kursi sangat berpengaruh terhadap tingkat proporsionalitas dalam sistem pemilu, (Bochsler, 2023). Semakin tinggi nilai M ,semakin besar kemungkinan sistem pemilu menghasilkan hasil yang proporsional. Sebaliknya, semakin rendah nilai M , semakin besar kemungkinan terjadinya disproporsionalitas.

Regresi non-linier adalah metode analisis statistik yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel independen dan variabel dependen yang tidak mengikuti pola linier. Menurut (Draper & Smith, 1998), serta (Montgomery et al., 2012), hubungan antarvariabel dalam regresi non-linear dapat bersifat eksponensial, logaritmik, polinomial, dan lain-lain. Secara umum, model regresi non-linear dinyatakan dalam bentuk persamaan 6 Dengan $i = 1,2,\ldots,n$, y menyatakan variabel dependen, x_i menyatakan variabel independen, β_i menyatakan koefisien, dan ϵ menyatakan error.

$$y = f(x_i;\beta_i) + \epsilon, \quad (6)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Komisi Pemilihan Umum. Data tersebut berupa data rekapitulasi hasil perolehan suara setiap partai politik dan jumlah kursi yang tersedia (*district magnitude*) pada pemilu DPR RI 2024 di Pulau Jawa (Komisi Pemilihan Umum, 2024). Daerah pemilihan, terdiri dari enam provinsi yaitu DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Daerah Istimewa Yogyakarta, dan Banten, dengan total 39 daerah pemilihan. Dalam proses pemilihan umum legislatif di Indonesia khususnya DPR RI, hanya partai politik yang memenuhi ambang batas suara yang dapat masuk ke perhitungan alokasi kursi, sesuai dengan ketentuan dalam Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2017 tentang Pemilu. Komisi Pemilihan Umum (KPU) menetapkan ambang batas suara nasional empat persen dari jumlah suara sah yaitu 6.071.731,72 dari 151.793.293 suara sah nasional. Terdapat delapan partai yang lolos ambang batas yaitu, Partai Kebangkitan Bangsa (PKB), Partai Gerakan Indonesia Raya (Gerindra), Partai Demokrasi Indonesia Perjuangan (PDIP), Partai Golongan Karya (Golkar), Partai NasDem, Partai Keadilan Sejahtera (PKS), Partai Amanat Nasional (PAN), dan Partai Demokrat.

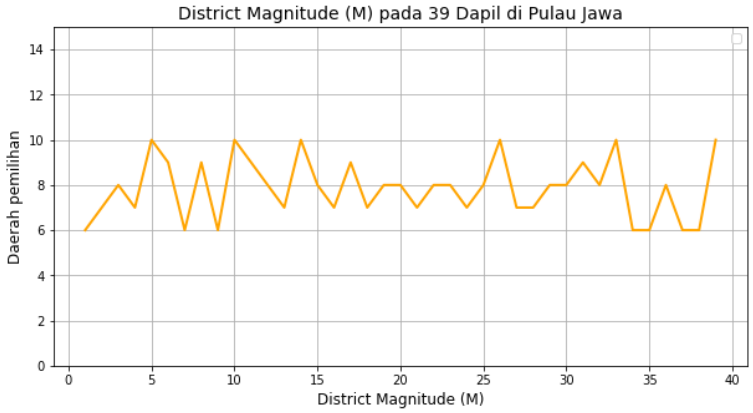


Gambar 1. Rata-rata perolehan suara partai politik

Grafik ini menunjukkan bahwa distribusi perolehan suara antar partai tidak merata. Skewness data bersifat positif, ditandai dengan adanya satu partai (PDIP) yang memperoleh suara secara

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

signifikan lebih tinggi dibandingkan partai-partai lainnya. Skewness positif ini menjadi indikator bahwa distribusi data tidak mengikuti pola normal, melainkan cenderung menunjukkan dominasi suara oleh satu partai besar. Dominasi PDIP ini juga menciptakan kesenjangan yang cukup signifikan, khususnya bila dibandingkan dengan partai-partai kecil seperti PAN, Demokrat, dan NasDem, yang perolehan suaranya berada jauh di bawah rata-rata. Selain itu, data ini juga mengindikasikan adanya stratifikasi partai dalam perolehan suara. Partai besar seperti PDIP, Golkar, dan Gerindra cenderung mendominasi jumlah suara secara keseluruhan, sedangkan partai-partai lain cenderung memiliki daya saing yang lebih rendah. Perbedaan yang signifikan ini mencerminkan dinamika sistem pemilu di Indonesia, di mana partai-partai besar memiliki basis pemilih yang lebih luas dan kuat, sehingga dapat mengumpulkan suara secara konsisten lebih tinggi dibandingkan partai-partai lain.



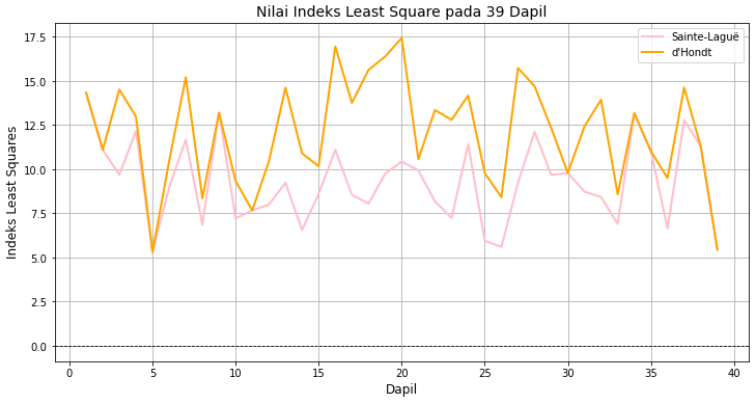
Gambar 2. *District magnitude* pada 39 daerah pemilihan di Pulau Jawa

Pada gambar 2 disajikan data *district magnitude* pada 39 daerah pemilihan di Pulau Jawa. 39 daerah pemilihan terdiri dari DKI Jakarta dengan tiga daerah pemilihan, Jawa Barat dan Jawa Timur dengan sebelas daerah pemilihan, Daerah Istimewa Yogyakarta dengan satu daerah pemilihan, kemudian Jawa Tengah dengan sepuluh daerah pemilihan, terakhir yaitu banten dengan tiga daerah pemilihan. Perbedaan nilai *district magnitude (M)* di 39 dapil Pulau Jawa mencerminkan variasi jumlah kursi yang tersedia di setiap dapil, yang dipengaruhi oleh faktor populasi dan luas wilayah masing-masing provinsi. Jawa Barat dan Jawa Timur memiliki dapil terbanyak, yaitu sebanyak sebelas dapil, sedangkan Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) hanya memiliki satu dapil. Nilai *district magnitude* bervariasi, dimana berkisar di antara enam hingga sepuluh kursi. Nilai M tertinggi, yaitu 10, ditemukan pada dapil-dapil dengan populasi besar, sedangkan nilai M terendah, yaitu 6, terdapat di wilayah dengan populasi yang lebih kecil. Variasi nilai M ini memiliki dampak langsung terhadap tingkat representasi politik yang dapat dicapai di masing-masing dapil (Li & Shugart, 2016).

Setelah tahap awal berupa identifikasi partai-partai yang berhasil melewati ambang batas elektoral (*electoral threshold*), langkah selanjutnya dalam penelitian ini adalah melakukan alokasi kursi legislatif menggunakan dua metode yang berbeda, yaitu metode Sainte-Laguë dan D'Hondt. Penelitian ini diterapkan pada 39 daerah pemilihan (dapil) di Pulau Jawa. Setiap metode memiliki karakteristik unik dalam mengalokasikan kursi, sehingga memungkinkan perbedaan tingkat proporsionalitas yang dihasilkan oleh masing-masing metode. Metode Sainte-Laguë menggunakan bilangan pembagi ganjil, sedangkan metode D'Hondt menggunakan bilangan pembagi asli. Dalam konteks sistem pemilu, perbedaan ini dapat menghasilkan distribusi kursi yang cukup kontras. Setelah kursi dialokasikan menggunakan kedua metode tersebut, langkah berikutnya adalah menentukan nilai indeks least squares. Indeks least squares merupakan alat pengukuran disproporsionalitas yang

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

menghitung perbedaan kuadrat antara persentase suara dan persentase kursi yang diperoleh setiap partai. Nilai indeks yang rendah menunjukkan tingkat proporsionalitas yang lebih tinggi, sedangkan nilai indeks yang tinggi menunjukkan tingkat proporsionalitas yang tinggi.



Gambar 3. Nilai indeks least squares pada 39 dapil

Gambar 3 menyajikan nilai indeks least squares pada 39 daerah pemilihan di Pulau Jawa untuk masing-masing metode alokasi kursi. Berdasarkan grafik terlihat bahwa nilai indeks Sainte-Laguë secara konsisten lebih rendah dibandingkan dengan D'Hondt. Hal ini mengindikasikan bahwa metode Sainte-Laguë cenderung menghasilkan representasi yang lebih proporsional dibandingkan dengan metode D'Hondt. Hasil penelitian ini mendukung temuan-temuan sebelumnya yang dikemukakan oleh Gallagher dan Lijphart, yang menyatakan bahwa metode Sainte-Laguë memiliki tingkat proporsionalitas yang lebih tinggi. Gallagher mengembangkan indeks least squares sebagai alat untuk menilai tingkat disproporsionalitas, dan temuan empirisnya menunjukkan bahwa Sainte-Laguë secara konsisten menghasilkan nilai indeks least squares yang lebih rendah dibandingkan metode D'Hondt. Lijphart, dalam pendekatan teoretisnya, juga mengidentifikasi bahwa pembagian kursi menggunakan bilangan ganjil pada metode Sainte-Laguë memberikan peluang lebih besar bagi partai-partai kecil untuk terwakili, sehingga menghasilkan representasi yang lebih adil.

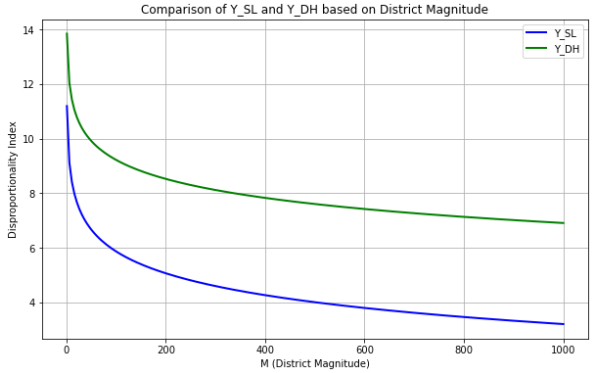
Pengaruh *district magnitude (M)* terhadap indeks least squares (ILS) merupakan aspek penting dalam menentukan metode alokasi kursi yang paling proporsional, Secara umum, nilai M yang tinggi cenderung menghasilkan nilai indeks yang lebih rendah, tetapi masih diperlukan analisis lebih lanjut. Analisis regresi digunakan untuk mengetahui pengaruh M dan metode pemilu terhadap nilai indeks. Pada model regresi digunakan logaritma basis sepuluh dari nilai M. Hal ini disebabkan karena hubungan M dan indeks least squares diasumsikan tidak linear, artinya peningkatan M mengakibatkan penurunan nilai indeks. Persamaan regresi yang digunakan, yaitu

$$ILS = a_0 + a_1 \log M + a_2 D_{sl} \log M + a_3 D_{sl} + a_4 D_{dh} \log M + a_5 D_{dh} + e \quad (7)$$

Pada persamaan tersebut, D_{sl} dan D_{dh} adalah variabel dummy yang mewakili metode Sainte-Laguë dan D'Hondt. Masing-masing metode direpresentasikan oleh variabel dummy yang akan bernilai satu apabila metode tersebut diterapkan dan bernilai nol jika tidak. Konstanta a_0 merepresentasikan nilai dasar ILS ketika semua variabel bebas bernilai nol, koefisien a_1, a_3, dan a_5 menunjukkan hubungan langsung antara ILS dengan variabel terkait, masing-masing koefisien menunjukkan sejauh mana perubahan dalam variabel tertentu memengaruhi nilai indeks, dengan asumsi variabel lain tetap konstan. Kemudian koefisien a_2 dan a_4 menyatakan koefisien interaksi, koefisien interaksi menunjukkan hubungan antara variabel bebas $\log M$ dan metode pemilu terhadap ILS. Apabila metode Sainte-Laguë diterapkan, variabel D_{sl} akan bernilai satu sementara D_{dh} bernilai nol. Sebaliknya, ketika metode D'Hondt diterapkan, D_{dh} bernilai satu dan D_{sl} bernilai nol. Persamaan

yang diperoleh adalah $Y_{sl} = (a_0 + a_3) + (a_1 + a_2)\log M + e$ dan $Y_{dh} = (a_0 + a_5) + (a_1 + a_4)\log M + e$. Estimasi Ordinary Least Squares (OLS) digunakan untuk menghitung nilai koefisien $a_0, a_1, \ldots, a_5$. Hasil estimasi Koefisien regresi yang diperoleh dalam penelitian ini adalah a_0=8.3452sebagai konstanta, diikuti oleh koefisien regresi lainnya, yaitu a_1=−1.6582, a_2 = −1.0065, a_3=2.8472, a_4 = −0.6517, dan a_5=5.4980, yang masing-masing menunjukkan pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen dalam model regresi.

Berdasarkan hasil estimasi koefisien regresi, terlihat bahwa nilai konstanta sebesar 8.3452 menunjukkan nilai *baseline* dari disproporsionalitas ketika semua variabel independen bernilai nol. Nilai ini merepresentasikan tingkat awal disproporsionalitas tanpa pengaruh dari *district magnitude* (M) maupun metode alokasi kursi yang digunakan. Koefisien a_1, yang bernilai negatif (-1.6582), menunjukkan adanya hubungan negatif antara *district magnitude* (M) dan indeks least squares. Artinya, peningkatan nilai M berimplikasi pada penurunan nilai indeks least squares sebesar 1.6582, dengan asumsi variabel lainnya tetap konstan. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin besar jumlah kursi yang diperebutkan dalam suatu daerah pemilihan, semakin rendah tingkat disproporsionalitas yang dihasilkan. Koefisien interaksi a_2 dan a_4, masing-masing bernilai -1.0065 dan -0.6517, juga menunjukkan hubungan negatif. Dalam konteks ini, kenaikan nilai M akan menurunkan nilai indeks least squares lebih signifikan ketika menggunakan metode Sainte-Laguë dibandingkan dengan metode D'Hondt. Penurunan nilai indeks sebesar 1.0065 terjadi pada metode Sainte-Laguë, sedangkan pada metode D'Hondt penurunan yang terjadi adalah sebesar 0.6517. Selain itu, nilai koefisien dummy untuk metode Sainte-Laguë (a_3) lebih rendah dibandingkan dengan metode D'Hondt (a_5). Temuan ini menunjukkan bahwa metode Sainte-Laguë secara konsisten menghasilkan tingkat disproporsionalitas yang lebih rendah dibandingkan dengan metode D'Hondt, sehingga lebih mendukung prinsip representasi yang proporsional. Hasil estimasi juga konsisten dengan temuan penelitian sebelumnya, peringkat Gallagher dan Lijphart, yang menyatakan bahwa Sainte-Laguë lebih efektif dalam merepresentasikan suara pemilih secara proporsional.



Gambar 4 Perbandingan Sainte-Laguë dan D'Hondt berdasarkan nilai M

Gambar 4 menyajikan grafik model regresi untuk metode Sainte-Laguë (garis biru) dan D'Hondt (garis hijau). Berdasarkan hasil estimasi koefisien regresi, model regresi untuk masing-masing metode alokasi kursi dapat dirumuskan $Y_{SL} = 11.19 - 2.66\log M$ dan $Y_{DH} = 13.84 - 2.31\log M$. Terlihat pada gambar 4, pada rentang nilai M yang rendah ($M < 100$), Sainte-Laguë menunjukkan penurunan nilai ILS yang lebih signifikan dibandingkan dengan D'Hondt. Hal ini diakibatkan oleh nilai koefisien $\log M$ Sainte-Laguë (-2.66) lebih besar secara negatif dibandingkan dengan D'Hondt (-2.31), mengindikasikan bahwa Sainte-Laguë lebih sensitif terhadap perubahan nilai M. Dengan demikian, peningkatan M lebih efektif dalam mengurangi disproporsionalitas ketika

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

menggunakan metode Sainte-Laguë dibandingkan metode D'Hondt. Pada rentang nilai M tinggi ($100 \leq M \leq 1000$), Sainte-Laguë dan D'Hondt menunjukkan pola penurunan ILS yang lebih lambat, menunjukkan efek asimptotik dimana akibat dari peningkatan M terhadap pengurangan disproporsionalitas menjadi semakin kecil. Namun, grafik Sainte-Laguë tetap berada di bawah D'Hondt pada seluruh rentang nilai M, hal ini mengindikasikan bahwa Sainte-Laguë secara konsisten menghasilkan tingkat disproporsionalitas yang lebih rendah. Selain itu, nilai konstanta D'Hondt (13.84) lebih besar daripada Sainte-Laguë (11.19), yang menunjukkan bahwa pada titik awal (ketika M sangat kecil), D'Hondt memiliki tingkat disproporsionalitas yang lebih tinggi dibandingkan Sainte-Laguë.

Secara keseluruhan, Gambar 4 mengilustrasikan bahwa metode Sainte-Laguë memiliki keunggulan lebih tinggi dalam mengurangi tingkat disproporsionalitas dibandingkan dengan metode D'Hondt. Keunggulan ini ditunjukkan oleh nilai indeks least squares yang secara konsisten lebih rendah pada seluruh rentang nilai *district magnitude* (M), serta sensitivitas yang lebih tinggi terhadap perubahan nilai M. Sensitivitas ini dibuktikan dengan penurunan yang lebih signifikan pada nilai indeks disproporsionalitas seiring dengan peningkatan nilai M, khususnya pada rentang nilai M yang lebih rendah. Hasil ini mendukung temuan Benoit [], yang menunjukkan bahwa metode Sainte-Laguë cenderung menghasilkan distribusi kursi yang lebih proporsional dibandingkan metode D'Hondt, terutama pada sistem pemilu dengan *district magnitude* yang bervariasi.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengevaluasi tingkat proporsionalitas metode Sainte-Laguë dan D'Hondt dalam alokasi kursi legislatif menggunakan indeks least squares (ILS). Berdasarkan analisis terhadap hasil alokasi kursi di 39 daerah pemilihan di Pulau Jawa, dapat disimpulkan bahwa metode Sainte-Laguë secara konsisten menghasilkan tingkat disproporsionalitas yang lebih rendah dibandingkan metode D'Hondt pada seluruh rentang nilai *district magnitude* (M). Penelitian ini juga membuktikan bahwa *district magnitude* berpengaruh signifikan terhadap tingkat disproporsionalitas serta mengindikasikan bahwa metode Sainte-Laguë lebih unggul dalam menciptakan representasi politik yang lebih proporsional. Dengan demikian, penelitian ini memperkuat pandangan bahwa metode Sainte-Laguë lebih efektif dibandingkan metode D'Hondt dalam sistem pemilu yang bertujuan untuk meminimalkan disproporsionalitas. Untuk pengembangan lebih lanjut, penelitian di masa depan dapat memperluas cakupan analisis proporsionalitas dengan mempertimbangkan variabel-variabel lain seperti ambang batas (*threshold*) atau tingkat dominasi partai politik dalam suatu daerah pemilihan. Selain itu, penelitian serupa dapat dilakukan dengan membandingkan metode alokasi kursi lainnya, seperti metode *largest remainder* dengan pendekatan Kuota Hare atau Kuota Droop,

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing, atas bimbingan, kritik, dan saran yang sangat berharga dalam penyelesaian penelitian ini. Kontribusi dan arahan yang diberikan telah membantu penulis dalam meningkatkan kualitas artikel ini. Selanjutnya, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Matematika, Universitas Negeri Medan, atas kesempatan dan dukungan yang diberikan dalam proses penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

Benoit, K. (2000). Which Electoral Formula is The Most Proportional. *Political Analysis*, *8*(4), 381–388.

Benoit, K. (2001). District magnitude, electoral formula, and the number of parties. In *European Journal of Political Research* (Vol. 39).

Bochsler, D. (2023). Balancing district and party seats: The arithmetic of mixed-member proportional electoral systems. *Electoral Studies*, *81*. https://doi.org/10.1016/j.electstud.2022.102557

Bochsler, D., Hänni, M., & Grofman, B. (2024). How proportional are electoral systems? A universal measure of electoral rules. *Electoral Studies*, *87*. https://doi.org/10.1016/j.electstud.2023.102713

Draper, N., & Smith, H. (1998). *Applied Regression Analysis* (3rd edition).

Gallagher, M. (1991). Proportionality, Disproportionality and Electoral Systems. *Electoral Studies*, *10*(1), 33–51.

Ginanjar, D., Hanifah, F., Huda, U. N., Hukum, J. I., Uin, P., Gunung, S., & Bandung, D. (2020). DIMENSI PEMILU DALAM SISTEM DISTRIK DAN PROPORSIONAL. *KHAZANAH MULTIDISIPLIN*, *1*(1), 21–30. https://journal.uinsgd.ac.id/index.php/km

Kalandrakis, T., & Rueda, M. R. (2020). *National Electoral Thresholds and Disproportionality* *.

Komisi Pemilihan Umum. (2024). *Rekapitulasi Hasil Pemilu Legislatif DPR RI 2024*. Komisi Pemilhan Umum.

Kotanidis, S. (2019). *Understanding the d'Hondt methodAllocation of parliamentary seats and leadership positions*.

Li, Y., & Shugart, M. (2016). The Seat Product Model of the Effective Number of Partices: A Case for Applied Political Science. *Electoral Studies*, *41*, 23–34.

Lijphart, A. (2003). Degrees of Proportionality of Proportional Representation Formulas. *Electoral Laws and Their Political Consequences* , 170–179.

Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2012). *Introduction to Linear Regression Analysis* (5th ed.).

Taagepera, R. (2017). Votes from Seats. Logical Models of Electoral Systems. *Cambridge University Press*.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Penentuan Penerima Bantuan Langsung Tunai Dana Desa Menggunakan Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (AHP)

Ira Octavia Lumbanraja[1*] & Tri Andri Hutapea[2]
[1,2] Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author: iraoctavialumbanraja@mhs.unimed.ac.id*

Abstrak, *Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam penyaluran Bantuan Langsung Tunai Dana Desa (BLT-DD) di Desa Pangaloan, Kabupaten Samosir, dengan menggunakan metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (Fuzzy AHP). BLT-DD dirancang untuk membantu rumah tangga miskin yang terdampak pandemi COVID-19. Penelitian ini menggunakan tiga kriteria utama: status kesehatan anggota keluarga, usia, dan jumlah tanggungan. Metode Fuzzy AHP dipilih karena mampu menangani ketidakpastian dalam pengambilan keputusan multi-kriteria. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari hasil wawancara dengan aparat desa (data primer) dan Data Terpadu Kesejahteraan Sosial (DTKS) dari Dinas Sosial Kabupaten Samosir (data sekunder). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan Fuzzy AHP berhasil menyeleksi 20 warga yang memenuhi kriteria sebagai penerima bantuan. Dengan simulasi berbasis Python, proses seleksi menjadi lebih cepat, akurat, dan transparan dibandingkan evaluasi manual. Implementasi Fuzzy AHP mampu mengurangi subjektivitas penilaian, meningkatkan transparansi, serta memastikan bantuan tersalurkan kepada pihak yang benar-benar membutuhkan. Sistem berbasis Python juga mendukung otomatisasi perhitungan, sehingga memberikan solusi praktis untuk pengambilan keputusan berbasis data dalam konteks penyaluran BLT-DD. Penelitian ini diharapkan menjadi acuan untuk penerapan sistem pendukung keputusan dalam program bantuan sosial lainnya.*
Kata kunci: *BLT-DD; Fuzzy; AHP; Python*

Abstract, *This study aims to improve efficiency and accuracy in the distribution of Village Fund Direct Cash Assistance (BLT-DD) in Pangaloan Village, Samosir Regency, using the Fuzzy Analytical Hierarchy Process (Fuzzy AHP) method. BLT-DD is designed to assist impoverished households affected by the COVID-19 pandemic. This study employs three main criteria: family member health status, age, and number of dependents. The Fuzzy AHP method was chosen for its ability to address uncertainty in multi-criteria decision-making. Data for this research were obtained from interviews with village officials (primary data) and the Integrated Social Welfare Data (DTKS) from the Samosir Regency Social Service (secondary data). The results indicate that implementing Fuzzy AHP successfully identified 20 eligible recipients based on the criteria. By using Python-based simulations, the selection process became faster, more accurate, and more transparent compared to manual evaluations. The implementation of Fuzzy AHP reduces subjective judgments, enhances transparency, and ensures aid is delivered to those who genuinely need it. Python-based systems also support automated calculations, providing a practical solution for data-driven decision-making in BLT-DD distribution. This study is expected to serve as a reference for implementing decision support systems in other social assistance programs.*
Keywords*: Abstract, Overview, National Seminar of the Mathematics Department, Guidelines for Writing Articles*

Citation :Lumbanraja, I. A., & Hutapea, T. A. (2024). Penentuan Penerima Bantuan Langsung Tunai Dana Desa Menggunakan Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (AHP). *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 157 – 165

PENDAHULUAN

Bantuan Langsung Tunai Dana Desa (BLT-DD) dirancang sebagai respons cepat pemerintah Indonesia untuk mengatasi dampak ekonomi pandemi COVID-19 yang dimulai pada tahun 2020.

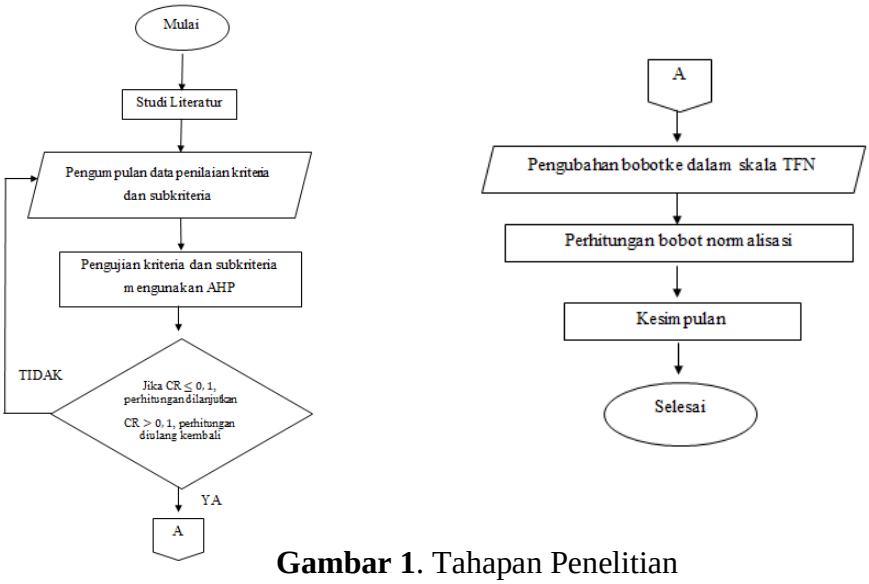
© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Program ini bertujuan untuk membantu rumah tangga miskin dan rentan di desa dalam memenuhi kebutuhan dasar dan meningkatkan resiliensi ekonomi masyarakat desa terhadap krisis di masa depan. Penyaluran BLT-DD dilakukan secara non-tunai berdasarkan Peraturan Menteri Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi No. 6 Tahun 2020. Meskipun demikian, proses identifikasi dan seleksi penerima BLT-DD sering kali menghadapi tantangan kompleks, seperti banyaknya jumlah penduduk dan keragaman kondisi sosial-ekonomi. Untuk menjawab permasalahan tersebut, sistem pendukung keputusan dapat diadopsi untuk meningkatkan transparansi dan akurasi dalam proses seleksi penerima bantuan.

Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan keunggulan metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (Fuzzy AHP) dalam mendukung pengambilan keputusan. Misalnya, penelitian Fathoni (2023) menggunakan metode Fuzzy AHP untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi prestasi belajar siswa, sedangkan Al Khoiry et al. (2022) menerapkan metode ini dalam seleksi vendor. Penelitian-penelitian tersebut menyoroti kemampuan Fuzzy AHP dalam menangani ketidakpastian, menyusun bobot kriteria, dan memberikan hasil yang lebih objektif dibandingkan metode tradisional. Meski demikian, penelitian-penelitian terdahulu lebih banyak berfokus pada konteks pendidikan dan industri, sehingga diperlukan pengaplikasian metode ini dalam konteks bantuan sosial seperti BLT-DD.

Penelitian ini menawarkan kebaruan ilmiah dengan mengimplementasikan metode Fuzzy AHP menggunakan bahasa pemrograman Python untuk seleksi penerima BLT-DD di Desa Pangaloan, Kabupaten Samosir. Python dipilih karena fleksibilitas dan kapabilitasnya dalam otomatisasi proses perhitungan. Selain itu, penelitian ini menggunakan tiga kriteria utama yang relevan dengan kondisi lokal, yaitu status kesehatan anggota keluarga, usia, dan jumlah tanggungan. Dengan pendekatan ini, diharapkan bantuan dapat disalurkan secara lebih tepat sasaran dan akuntabel. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menerapkan metode Fuzzy AHP dalam proses seleksi penerima BLT-DD dan mensimulasikan metode tersebut menggunakan Python untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan transparansi dalam distribusi bantuan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem pendukung keputusan pada program bantuan sosial lainnya.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Tahapan Penelitian

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Gambar 1 menunjukkan tahapan penelitian yang akan dilakukan. Oleh karena itu, dalam penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan Fuzzy Analytical Hierarchy Process (Fuzzy AHP) untuk menyelesaikan permasalahan seleksi penerima Bantuan Langsung Tunai Dana Desa (BLT-DD) secara objektif dan akurat. Data primer dikumpulkan melalui wawancara terstruktur dengan aparat desa untuk menentukan bobot prioritas kriteria, sedangkan data sekunder diperoleh dari Data Terpadu Kesejahteraan Sosial (DTKS) Dinas Sosial Kabupaten Samosir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap awal penelitian, dilakukan studi literatur yang bertujuan untuk mendapatkan sumber rujukan dalam menerapkan metode *Fuzzy* AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Studi literatur ini melibatkan penelaahan buku, artikel, dan jurnal yang relevan dengan masalah yang akan dibahas, yaitu penentuan penerima Bantuan Langsung Tunai Dana Desa (BLT-DD). Tujuan studi literatur pada penelitian ini adalah untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai konsep dasar dan aplikasi praktis dari metode *Fuzzy* AHP. Selain itu, studi literatur juga membantu dalam mengidentifikasi kriteria-kriteria yang relevan dan penting dalam proses seleksi penerima BLT-DD.

Studi literatur pada penelitian ini menunjukan status kesehatan anggota keluarga, usia, jumlah tanggungan, dan penghasilan adalah kriteria penting dalam penentuan penerima BLT-DD. Keempat kriteria ini dipilih berdasarkan faktor kemiskinan. Status kesehatan mempengaruhi kemampuan individu untuk bekerja dan memenuhi kebutuhan sehari-hari, sehingga individu dengan kondisi kesehatan yang buruk atau disabilitas lebih membutuhkan bantuan (Shahidi et al., 2019). Usia juga menjadi faktor penting karena kelompok usia yang lebih tua sering kali memiliki keterbatasan dalam mencari pekerjaan dan membutuhkan dukungan finansial lebih banyak (Triningtyas & Muhayati, 2018). Jumlah tanggungan mencerminkan beban finansial yang harus ditanggung oleh keluarga, sehingga semakin banyak tanggungan, semakin besar kebutuhan akan bantuan (Putri et al., 2019). Kemudian kriteria yang terakhir adalah penghasilan karena penghasilan merupakan indikator penting dalam mengukur tingkat kesejahteraan ekonomi suatu keluarga.

Kriteria-kriteria yang sudah diidentifikasi memiliki subkriteria yang digunakan untuk evaluasi yang lebih mendetail dan tepat sasaran. Subkriteria pada status kesehatan anggota keluarga meliputi kondisi kronis, disabilitas dan sehat. Subkriteria tersebut dipilih berdasarkan status kesehatan fungsional yaitu kondisi kronis dan disabilitas. Status kesehatan fungsional adalah kemampuan seseorang untuk melakukan aktivitas hidup sehari – hari. Kondisi kesehatan kronis dan disabilitas memiliki dampak signifikan terhadap kemampuan individu untuk menjalani aktivitas sehari-hari dan bekerja. Individu dengan kondisi medis kronis atau disabilitas sering kali mengalami penurunan dalam fungsi fisik yang dapat mempengaruhi kualitas hidup (Endarti, 2015). Subkriteria sehat tidak memiliki kebutuhan mendesak seperti kondisi kronis dan disabilitas, kondisi sehat digunakan untuk mempertimbangkan kondisi kesehatan secara keseluruhan dalam memastikan bantuan dialokasikan secara adil dan merata.

Subkriteria yang digunakan pada kriteria usia adalah usia >50 tahun, 40 – 50 tahun dan <40 tahun. Kelompok usia >50 tahun cenderung memiliki keterbatasan fisik dan peluang kerja yang lebih rendah. Kelompok usia 40 – 50 tahun adalah kelompok usia muda tetapi masih menghadapi tantangan dalam pasar kerja dan mungkin memiliki tanggungan keluarga yang perlu didukung. Kelompok usia <40 tahun adalah individu yang lebih muda dan lebih mampu bekerja serta beradaptasi dengan perubahan ekonomi (Firmansyah, 2015). Subkriteria pada kriteria jumlah

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

tanggungan adalah dimulai dari jumlah tanggungan keluarga kecil yang terdiri dari tidak memiliki jumlah tanggungan hingga 3 orang, keluarga dengan tanggungan sedang berjumlah 4 hingga 6 orang, dan keluarga besar dengan lebih dari 6 orang tanggungan di setiap keluarga (Rahayu et al., 2022).

Data yang digunakan adalah data sekunder yaitu data resmi dinas sosial Kabupaten Samosir yang berada di Kantor Desa Pangaloan. Data resmi tersebut berisi data warga yang memenuhi syarat untuk mendapatkan bantuan.

Tabel 1. Kriteria dan Subkriteria Penentuan BLT-DD

Kriteria	Kode	Subkriteria	Kode
Status Kesehatan Anggota Keluarga	A1	Kronis	M1
		Disabilitas	M2
		Sehat	M3
Usia	A2	Usia >50 tahun	N1
		Usia 40 – 50 tahun	N2
		Usia < 40 tahun	N3
Jumlah Tanggungan	A3	Jumlah tanggungan >6 orang	O1
		Jumlah tanggungan 4-6 orang	O2
		Tidak memiliki jumlah tanggungan hingga 3 orang	O3

Berdasarkan hasil perhitungan, vektor prioritas antar kriteria dapat dilihat pada Tabel 2. Selanjutnya menghitung nilai eigen dilakukan perhitungan dengan cara mengalikan elemen-elemen pada matriks perbandingan berpasangan pada Tabel 3. dengan kolom nilai vektor prioritas pada Tabel 3 dan dihitung nilai-nilai ratanya Maka, nilai eigen maksimal (λ_{maks}) adalah 3.053. Selanjutnya menghitung nilai indeks konsistensi (CI) diperoleh CI adalah 0.026. Kemudian menghitung *Consistency Ratio* (CR) diperoleh bahwa nilai *Random Index* (RI) untuk matriks berukuran 3x3 adalah 0.58, sehingga nilai CR adalah 0.046. Karena nilai CR < 0.1 maka matriks perbandingan berpasangan antar kriteria tersebut konsisten.

Tabel 2. Vektor Prioritas Antar Kriteria dan sala AHP

Kriteria	A1	A2	A3	Jumlah	Vektor Prioritas
A1	0.600	0.667	0.500	1.767	0.589
A2	0.200	0.222	0.333	0.756	0.252
A3	0.200	0.111	0.167	0.478	0.159
Jumlah	1.000	1.000	1.000		
Jumlah Skala AHP	1.666	4.500	6.000		

Tabel 3. Matriks perbandingan berpasangan berskala *Triangular Fuzzy Number*

	A1			**A2**			**A3**			**Si**		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A1	1	1	1	1	1.5	2	1	1.5	2	3	4	5
A2	0.5	0.667	1	1	1.0	1	0.5	1	1.5	2	2.667	3.5
A3	0.5	0.667	1	0.667	1.0	2	1	1	1	2.167	2.667	4
									Jumlah	7.167	9.334	12.5

Perhitungan nilai sintesis dengan perhitungan jumlah baris dan jumlah kolom dari jumlah baris pada Tabel 3: Baris A1, Kolom l : $1 + 1 + 1 = 3$; Kolom m : $1 + 1.5 + 1.5 = 4$; dan Kolom u : $1 + 2 + 2 = 5$. Kemudian Langkah yang sama dilakukan untuk setiap baris, sehingga hasil perhitungan dapat disajikan pada Tabel 3 kolom Si.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Selanjutnya diperoleh nilai sintesis *fuzzy* untuk masing-masing kriteria dengan cara perhitungan A = $(3,4,5) \times \left(\frac{1}{12.5}, \frac{1}{9.334}, \frac{1}{7.167}\right)$ dan $(0.24, 0.429, 0.698)$. Kemudian hasil ini diteruskan pada pernitungan nilai sintesi *fuzzy* (S*i*) seperti pada tabel 5. Menentukan Nilai Vektor (V) dan Nilai Ordinat Defuzzifikasi (d') dapat dilihat dari hasil yang diperoleh pada setiap matrik *fuzzy*, $M_2 \geq M_1$ ($M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ dan $M_2 = (l_1, m_1, u_1)$ maka nilai vektor dapat dirumuskan Persamaan 1 (Chang, 1996):

Tabel 4. Perhitungan nilai sintesis *fuzzy* (S_i) kriteria

	Si		
	l	m	u
A1	0.240	0.429	0.698
A2	0.160	0.286	0.488
A3	0.173	0.286	0.558

$$V\ (M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1, & m_2 \geq m_1 \\ 0, & l_1 \geq u_2 \\ \dfrac{l_1 - \mu_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & lainnya \end{cases} \quad (1)$$

Persamaan 1 di atas merupakan rumus mencari nilai vektor, contohnya : jika m_2 lebih besar sama dengan m_l maka hasilnya 1 , jika l_1 lebih besar sama dengan u_2 maka 0 dan jika tidak keduanya rumus : $\frac{l_1 - \mu_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}$. Jika hasil nilai *fuzzy* lebih besar dari k, $M_i = (i = 1,2,..k)$ maka nilai vektor adalah $d'(A_i) = \min V\ (S_i \geq S_k)$. Berdasarkan matriks di atas, diperoleh, Nilai ordinat defuzzifikasi untuk kriteria; A1 ≥ A1 = 1; A1 ≥ A2 = 1; dan A1 ≥ A3 = 1; Maka nilai ordinat defuzzifikasi dari A1 adalah $d'(A1) = 1$. Kemudian Nilai ordinat defuzzifikasi untuk kriteria A2; A2 ≥ A1 = 0.634; A2 ≥ A2 = 1; dan A2 ≥ A3 = 1, sehingga nilai ordinat defuzzifikasi dari A2 adalah 0.634. Nilai ordinat defuzzifikasi untuk kriteria A3; A3 ≥ A1 = 0.690; A3 ≥ A2 = 2.726; dan A3 ≥ A3 = 1 Maka nilai ordinat defuzzifikasi dari A3 adalah 0.690. Berdasarkan nilai ordinat defuzzifikasi A1, A2 dan A3, maka nilai vektor bobot dapat ditentukan sesuai Persamaan (2). Normalisasi nilai vektor bobot antar kriteria secara berurutan yang diperoleh adalah $0.430, 0.297, 0.273$. Dari nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa kriteria status kesehatan anggota keluarga adalah kriteria yang paling utama, kemudian diikuti jumlah tanggungan dan usia.

$$W' = (1, 0.634, 0.690) \text{ dan } W = (0.430, 0.273, 0.297) \quad (2)$$

PERANGKINGAN

Tahap akhir dari perhitungan dengan menggunakan *Fuzzy* AHP adalah melakukan perangkingan penerima bantuan langsung tunai dana desa di Desa Pangaloan. Setelah didapatkan bobot masing-masing elemen dari kriteria dan subkriteria, maka langkah selanjutnya adalah mentransformasikan data warga dengan bobot subkriteria yang telah diperoleh dikalikan dengan bobot kriteria yang telah diperoleh kemudian dijumlahkan bobot akhirnya untuk warga 1 diantaranya; (1) Status Kesehatan Anggota Keluarga: Sehat → $0.430 \times 0 = 0$; (2) Usia : 40 tahun → $0.273 \times 0.408 = 0.1113$; (3) Jumlah Tanggungan : 3 → $0.297 \times 0.305 = 0.0905$; dan (4) Bobot Akhir: $0 + 0.1113 + 0.0905 = 0.202$. Berdasarkan hal tersebut, warga 1 memiliki status kesehatan anggota keluarga sehat sehingga ditransformasikan pada bobot subkriteria sehat senilai 0

kemudian dikalikan dengan bobot kriteria status kesehatan anggota keluarga senilai 0.430 hasilnya 0.1113. Warga 1 berusia 40 tahun sehingga ditranformasikan pada bobot subkriteria usia 40 tahun senilai 0.408 kemudian dikalikan dengan bobot kriteria usia senilai 0.273 hasilnya 0.1113. Warga 1 juga memiliki jumlah tanggungan sebanyak 3 orang sehingga ditransformasikan pada bobot subkriteria senilai 0.305 kemudian dikalikan dengan bobot kriteria jumlah tanggungan senilai 0.297 hasilnya 0.0905, serta bobot akhir yang diperoleh sebesar 0.202. Berdasarkan perhitungan di atas, dengan cara yang dilakukan untuk tiap warga. Kemudian melakukan perangkingan dengan cara mengurutkan jumlah bobot akhir dari yang terbesar ke terkecil. Hasil perankingan ditampilkan pada tabel 5 hasil perankingan

Tabel 5. Hasil Perankingan *Fuzzy* AHP

Nama	Status Kesehatan	Usia	Jumlah Tanggungan	Bobot Akhir	Ranking
Warga 31	0.29326	0.111384	0.094446	0.49909	1
Warga 12	0.29326	0.111384	0.090585	0.495229	2
Warga 35	0.29326	0.050232	0.090585	0.434077	3
Warga 60	0.13674	0.111384	0.094446	0.34257	4
Warga 15	0.13674	0.111384	0.090585	0.338709	5
Warga 18	0.13674	0.111384	0.090585	0.338709	6
Warga 22	0.13674	0.111384	0.090585	0.338709	7
Warga 37	0	0.111384	0.111672	0.223056	8
Warga 78	0	0.111384	0.111672	0.223056	9
Warga 100	0	0.111384	0.111672	0.223056	10
Warga 27	0	0.111384	0.111672	0.223056	11
Warga 28	0	0.111384	0.111672	0.223056	12
Warga 41	0	0.111384	0.094446	0.20583	13
Warga 45	0	0.111384	0.094446	0.20583	14
Warga 57	0	0.111384	0.094446	0.20583	15
Warga 64	0	0.111384	0.094446	0.20583	16
Warga 89	0	0.111384	0.094446	0.20583	17
Warga 71	0	0.111384	0.094446	0.20583	18
Warga 54	0	0.111384	0.094446	0.20583	19
Warga 88	0	0.111384	0.094446	0.20583	20

Berdasarkan tabel di atas, ditunjukkan 20 warga yang memiliki nilai bobot akhir terbesar sebagai penerima BLT-DD. Desa Pangaloan menetapkan penerima BLT-DD sebanyak 20 kk. Jadi, dengan menggunakan perhitungan *Fuzzy* AHP, 20 warga pada Tabel 5 layak menerima BLT-DD di Desa Pangaloan.

KESIMPULAN

Penerapan metode *Fuzzy Analytical Hierarchy Process* (AHP) dalam menentukan penerima bantuan langsung tunai dana desa (BLT-DD) di Desa Pangaloan, Kabupaten Samosir, telah berhasil dilakukan. Melalui metode ini, kriteria-kriteria yang relevan seperti status kesehatan, usia, dan jumlah tanggungan dapat dievaluasi dengan bobot yang tepat. Proses ini memungkinkan pemilihan penerima bantuan yang lebih objektif dan transparan dibandingkan dengan metode tradisional. Dengan menggunakan *Fuzzy* AHP, dapat mengurangi subjektivitas dalam penilaian dan memastikan bahwa bantuan diberikan kepada warga yang membutuhkan berdasarkan kriteria yang telah ditentukan. Simulasi metode *Fuzzy Analytical Hierarchy Process* (AHP) menggunakan bahasa pemrograman Python memperoleh penerima bantuan langsung tunai dana desa (BLT-DD) sebanyak 20 warga dengan bobot tertinggi. Phyton dapat memperoleh nilai bobot untuk setiap warga

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

berdasarkan bobot kriteria dan subkrteria yang telah ditentukan, sehingga memudahkan dalam menentukan prioritas penerima BLT-DD. Python juga memungkinkan otomatisasi proses perhitungan, sehingga mengurangi waktu dan usaha yang diperlukan dalam evaluasi manual.

Berdasarkan temuan dari penerapan dan simulasi metode *Fuzzy* AHP ini, beberapa rekomendasi yang dapat diberikan yaitu disarankan agar metode *Fuzzy* AHP ini diterapkan secara lebih luas di berbagai desa lain untuk memastikan distribusi bantuan yang lebih adil dan tepat sasaran. Disarankan agar menambahkan kriteria dalam proses pemilihan penerima bantuan langsung tunai dana desa (BLT-DD) agar dapat membantu memperbaiki keakuratan dan keadilan dalam penentuan penerima bantuan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah mendukung dan memberikan bantuan selama proses penelitian ini berlangsung. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada aparat pemerintah Desa Pangaloan, Kecamatan Nainggolan, Kabupaten Samosir, yang telah memberikan informasi dan data yang sangat penting untuk penelitian ini. Terima kasih juga kepada Dinas Sosial Kabupaten Samosir atas dukungannya dalam menyediakan data sekunder berupa Data Terpadu Kesejahteraan Sosial (DTKS). Kami juga menyampaikan penghargaan kepada pembimbing dan rekan-rekan yang telah memberikan masukan, motivasi, dan dukungan selama penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi masyarakat Desa Pangaloan dan menjadi kontribusi yang berarti dalam pengelolaan program Bantuan Langsung Tunai Dana Desa.

DAFTAR PUSTAKA

Adi, M., Putra, P., Putra, A. P., Dirli, A. A., Andriani, W., & Mauldyraharja, R. (2023). Menggali Efektivitas Bantuan Langsung Tunai dalam Membantu Masyarakat. *Concept: Journal of Social Humanities and Education*, *2*(4), 189–205. https://doi.org/10.55606/concept.v2i4.781

Al Khoiry, I., Gernowo, R., & Surarso, B. (2022). Fuzzy-ahp moora approach for vendor selection applications. *Register: Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi*, *8*(1), 24–37. https://doi.org/10.26594/REGISTER.V8I1.2356

Anshori, Y. (2012). Pendekatan Triangular Fuzzy Number dalam Metode Analytic Hierarchy Process. *Jurnal Ilmiah Foristek*, *2*(1), 126–135.

Anton, H. (2011). *Elementary Linear Algebra : Application Version Tenth Edition*. John Wiley and Sond.

Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, *95*(3), 649–655. https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00300-2

Endarti, A. T. (2015). Kualitas Hidup Kesehatan: Konsep, Model, dan Penggunaan. *Jurnal Ilmiah Kesehatan*, *7*(2), 97–108.

Fadhlullah, N., Setiawansyah, S., & Surahman, A. (2022). Penerapan Teknologi Web Scraping Sebagai Pengumpulan Data Covid-19 Di Provinsi Lampung. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Perangkat Lunak*, *3*(1), 25–30. https://doi.org/10.33365/jatika.v3i1.1841

Fathoni, M. (2023). Ranking Factors Affecting Student Academic Achievement With Fuzzy AHP Method. *Zero : Jurnal Sains, Matematika, Dan Terapan*, *7*(1), 9–13.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Firmansyah, Z. (2015). Analisis Pengaruh Umur, Pendidikan, dan Upah Terhadap Produktivitas Tenaga kerja. *Economic Development Analysis Journal*, *4*(1), 91–97.

Hsu, Y. L., Lee, C. H., & Kreng, V. B. (2010). The application of Fuzzy Delphi Method and Fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection. *Expert Systems with Applications*, *37*(1), 419–425. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.05.068

Liu, Y., Eckert, C. M., & Earl, C. (2020). A review of fuzzy AHP methods for decision-making with subjective judgements. *Expert Systems with Applications*, *161*, 113738. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113738

Mahendra, G. S., Hariyono, R. C. S., Purnawati, N. W., Hatta, H. R., Sudipa, I. G. I., Hamali, S., Sarjono, H., & Meilani, B. D. (2023). *BUKU AJAR SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.

Noercholis, A., & Hakim, M. L. (2016). Sistem Pendukung Keputusan Penilaian Kinerja Guru PNS Di SMKN Sukorejo 1 Dengan Menggunakan Metode Fuzzy AHP. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, *10*(2), 65–72.

Nurahmawati, F. (2020). Implementasi Kebijakan Program Bantuan Langsung Tunai (BLT) Terhadap Warga Terdampak Covid-19 di Desa Cibadak. *Pkm-P*, *4*(2), 166. https://doi.org/10.32832/pkm-p.v4i2.733

Pakpahan Kristina, B. S. C. (2019). Sistem Pendukung Keputusan Menggunakan Metode AHP dan TOPSIS Dalam Pemilihan Lokasi Bangunan. *Aisyah Journal Of Informatics and Electrical Engineering (A.J.I.E.E)*, *1*(1), 39–45.

Putri, R. Y., Azhar, Z., & Putri, D. Z. (2019). Analisis Kemiskinan Berdasarkan Gender Di Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Kajian Ekonomi Dan Pembangunan*, *1*(2), 603. https://doi.org/10.24036/jkep.v1i2.6285

Rahayu, E. B. S., Moonti, U., Ardiansyah, Dama, M. N., Gani, I. P., & Toralawe, Y. (2022). Pengaruh Jumlah Tanggungan Keluarga dan Pendidikan Terhadap Kemiskinan. *Oikos Nomos: Jurnal Kajian Ekonomi Dan Bisnis*, *15*(1), 22–32. https://ejurnal.ung.ac.id/index.php/ONM/article/view/15572

Rahman, S., Sembiring, A., Siregar, D., Khair, H., Gusti Prahmana, I., Puspadini, R., & Zen, M. (2023). Python : Dasar Dan Pemrograman Berorientasi Objek. In *Penerbit Tahta Media*.

Saaty, T. L., & Kearns, K. P. (1985). Analytical Planning The Organization Of Systems. In *Pergamon Press*. https://revistas.ufrj.br/index.php/rce/article/download/1659/1508%0Ahttp://hipatiapress.com/hpjournals/index.php/qre/article/view/1348%5Cnhttp://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500799708666915%5Cnhttps://mckinseyonsociety.com/downloads/reports/Educa

Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). *Models , Methods , Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process Second Edition*. Springer.

Sasuwuk, C. H., Lengkong, F. D., & Palar, N. A. (2021). Implementasi Kebijakan Penyaluran Bantuan Langsung Tunai Dana Desa (Blt-Dd) Pada Masa Pandemi Covid-19 Di Desa Sea Kabupaten Minahasa. *Jap*, *VII*(108), 78–89. https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/JAP/article/download/35089/32872

Shahidi, F. V., Ramraj, C., Sod-Erdene, O., Hildebrand, V., & Siddiqi, A. (2019). The impact of social assistance programs on population health: A systematic review of research in high-income countries. *BMC Public Health*, *19*(1), 1–11. https://doi.org/10.1186/s12889-018-6337-1

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Siyoto, S., & Sodik, A. (2015). *Dasar Metode Penelitian*. Alfabeta.

Sofi, I. (2021). Efektivitas Bantuan Langsung Tunai Dana Desa Dalam Pemulihan Ekonomi Di Desa. *Indonesian Treasury Review: Jurnal Perbendaharaan, Keuangan Negara Dan Kebijakan Publik*, *6*(3), 247–262. https://doi.org/10.33105/itrev.v6i3.28

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Maksimalisasi Keuntungan pada UMKM Batagor dan Tahu Walik Menggunakan Metode Simpleks dan POM-QM

Novita Sari Maria[1*], Marthin Marbun[2], Mikhah Adillah Zendrato[3], Ndor Damayanti Silalahi[4], Nurcahaya Br Zandroto[5], Putri Rizki[6], & Putri Br Tarigan[7]

[1,2,3,4,5,6,7]*Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Indonesia*
**Coresponding Author: novitasarimanullang21@gmail.com*

Abstrak, Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jumlah optimal produk batagor dan tahu walik yang harus diproduksi oleh UMKM guna mencapai keuntungan maksimal, dengan mempertimbangkan keterbatasan bahan baku yang tersedia. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif melalui studi kasus, penelitian ini mengembangkan model linier dengan metode simpleks berbantuan aplikasi POM-QM untuk mengidentifikasi kombinasi produksi yang memberikan keuntungan tertinggi. Data diperoleh dari wawancara dan catatan produksi yang mencakup penggunaan tepung terigu, daging ayam, kulit lumpia, dan tahu, serta batas modal harian Rp400.000. Setiap porsi batagor menghasilkan keuntungan Rp1.500, sedangkan tahu walik Rp1.000. Hasil analisis menunjukkan bahwa keuntungan maksimum sebesar Rp66.666,67 dapat diperoleh dengan memproduksi 40 porsi batagor dan 6 porsi tahu walik setiap hari. Implementasi metode simpleks dengan aplikasi POM-QM menghasilkan solusi yang sama, menunjukkan bahwa model ini efektif dalam menentukan jumlah produksi optimal berdasarkan keterbatasan sumber daya yang tersedia.
Kata kunci: Metode Simpleks; POM-QM; Batagor dan Tahu Walik

Abstract, This guideline is a format and template for manuscripts/articles used in articles published This study aims to determine the optimal amount of batagor and tahu walik products that must be produced by MSMEs in order to achieve maximum profit, taking into account the limitations of available raw materials. This study uses a quantitative approach through a case study, this study develops a linear model with the simplex method assisted by the POM-QM application to identify production combinations that provide the highest profit. Data were obtained from interviews and production records that include the use of wheat flour, chicken meat, spring roll skin, and tofu, as well as a daily capital limit of IDR 400,000. Each portion of batagor generates a profit of IDR 1,500, while tahu walik is IDR 1,000. The results of the analysis show that a maximum profit of IDR 66,666.67 can be obtained by producing 40 portions of batagor and 6 portions of tahu walik every day. The implementation of the simplex method with the POM-QM application produces the same solution, indicating that this model is effective.
Keywords: Simplex Method; POM-QM; Batagor and Tofu Walik.

Citation : Maria, N. S., dkk. (2024). Maksimalisasi Keuntungan pada UMKM Batagor dan Tahu Walik Menggunakan Metode Simpleks dan POM-QM. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 166 – 173

PENDAHULUAN

UMKM (Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah) mengacu pada aktivitas usaha yang dijalankan oleh individu, kelompok, badan usaha berskala kecil, atau rumah tangga. UMKM memiliki kontribusi signifikan terhadap perekonomian Indonesia, baik dari segi jumlah lapangan kerja yang diciptakan maupun dari segi jumlah usaha yang mereka miliki. Sebagai negara berkembang, UMKM berfungsi sebagai dasar sektor peredaran barang dan jasa (Mutrofin et al., 2021). Untuk mampu bertahan dan berkembang di tengah persaingan bisnis yang semakin kompetitif, UMKM harus meningkatkan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

efisiensi produksi dan memaksimalkan keuntungan mereka. Salah satu contoh UMKM yang bergerak dibidang kuliner adalah Batagor dan Tahu Walik.

Program linear, juga dikenal sebagai optimasi linear, adalah salah satu program yang sering digunakan untuk memecahkan masalah yang berkaitan dengan optimasi. Nilai himpunan penyelesaian persoalan linear menentukan nilai optimasi linear. Sedankan, kendala-kendala atau batasan-batasannya dapat dibentuk menjadi sistem pertidaksamaan linear. Memaksimalkan sebuah fungsi, atau meminumnya, adalah tujuan dari masalah optimasi linear. Fungsi tersebut adalah fungsi objektif, sasaran, dan tujuan. Dalam pemrograman linear, terdapat dua tipe fungsi yang umum digunakan, yaitu fungsi objektif linear dan fungsi kendala linear. Penerapan pemrograman linear banyak ditemukan di berbagai sektor, seperti proses produksi, distribusi barang, hingga analisis riset operasional (Hidayah et al., 2022).

Metode simpleks adalah metode menyelesaikan masalah program linear dengan banyak pertidaksamaan dan variabel. Metode simpleks digunakan juga untuk menemukan nilai optimal dari program linear yang memiliki banyak pembatasan (pembatas) dan variabel (lebih dari dua variabel). Kelebihan metode simpleks dibandingkan dengan metode grafik yaitu mampu menghitung dua atau lebih variable keputusan (Hani & Harahap, 2021). Metode simpleks adalah algoritma yang digunakan untuk menghitung dan menyimpan banyak angka dan membuat keputusan pada iterasi berikutnya. Untuk menyelesaikan masalah program linear dengan metode simpleks, model program linear harus diubah ke dalam bentuk umum yang dikenal sebagai "bentuk baku". Bentuk baku memiliki ciri-ciri sebagai berikut: semua kendala diwakili oleh persamaan dengan sisi kanan nonnegatif, dan fungsi tujuan dapat dimaksimumkan atau diminimumkan. Metode simpleks, yang didasarkan pada teknik eleminasi Gauss Jordan, menemukan solusi optimal dengan memeriksa titik ekstrem satu per satu melalui perhitungan iteratif. Karena itu, penentuan solusi simpleks optimal dilakukan secara bertahap, yang dikenal sebagai iterasi. Iterasi ke-i didasarkan pada iterasi sebelumnya (Susanti, 2021).

Studi sebelumnya telah membahas penggunaan metode optimasi dalam pengambilan keputusan bisnis pada usaha kecil dan menengah (UMKM). Metode Simpleks dan aplikasi POM-QM sering digunakan sebagai alat bantu dalam memaksimalkan keuntungan atau meminimalkan biaya produksi karena keterbatasan sumber daya. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Rumetna et al. (2020), Metode Simpleks dan aplikasi POM-QM terbukti efektif dalam menghitung nilai keuntungan maksimum pada UMKM kuliner pentolan bakso, sehingga dapat mempercepat penjualan pentolan bakso.. Sementara itu, Sari et al. (2020) menggunakan software POM-QM pada sektor UMKM Sosis Bu Tinuk, menunjukkan bahwa hal ini efektif untuk membantu usaha kecil mengoptimalkan keuntungan dan meminimalkan biaya dengan keterbatasan jumlah bahan baku yang mereka miliki. Dalam penelitian yang dilakukan Firmansyah et al. (2018), metode simpleks digunakan untuk mengoptimalkan keuntungan melalui program linear. Hasilnya menunjukkan bahwa metode simpleks sangat efektif dan dapat digunakan sebagai acuan dalam proses pengambilan keputusan untuk mengoptimalkan produksi dan keuntungan perusahaan tani dalam industri opak yang terdiri dari ketela pohon di Deli Serdang, sehingga perusahaan dapat bersaing di pasar yang semakin kompetitif. Suroso & Nugroho (2023) menggunakan metode POM-QM pada sektor UMKM di Surabaya juga membuktikan bahwa metode tersebut efektif untuk mendapatkan keuntungan maksimal dengan memanfaatkan sumber daya yang ada. Sejalan juga dengan hasil analisa program linear terhadap jumlah produksi bakso ikan diperoleh formula keuntungan optimal dimana dari perhitungan metode simpleks dapat disimpulkan bahwa terjadi peningkatan keuntungan penjualan sebesar Rp.875.000 apabila jumlah produksi bakso ikan untuk jenis kerupuk bakso ikan ditingkatkan dibandingkan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dengan jumlah produksi sebelumnya (Alam et al., 2021).. Penelitian Surya & Siagian (2024) menggunakan metode metode simpleks terhadap produksi bakso urat sedang, dan kecil dari warung bakso Mas Ragil di desa sei kera hulu Kota Medan diperoleh formula Z maksimum dari metode simpleks dengan keuntungan yang maksimal Rp 321.400, maka terjadi peningkatan keuntungan penjual sebesar Rp. 321.400.

Oleh karena itu, artikel ini berfokus pada penerapan gabungan metode Simpleks dan aplikasi POM-QM untuk mengoptimalkan keuntungan pada UMKM Bagator dan Tahu Walik Bang Abizar. Software POM-QM, perangkat lunak yang dikembangkan oleh Prentice Hall, dapat digunakan pada komputer atau smartphone untuk membantu dalam perhitungan pengambilan keputusan terkait optimasi produksi dan pemasaran. Software ini dapat diterapkan dalam materi Program Linear yang berorientasi pada proses pengambilan keputusan (Astutik et al., 2022).

Permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana menerapkan metode Simpleks dan software POM-QM secara efektif untuk memaksimalkan keuntungan pada UMKM Bagator dan Tahu Walik Bang Abizar dengan berbagai keterbatasan sumber daya. Penelitian ini juga menguji apakah kombinasi metode ini mampu memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan dengan metode optimasi yang digunakan secara terpisah. Tujuan dari kajian ini adalah untuk memberikan solusi praktis bagi UMKM dalam memaksimalkan keuntungan melalui penggunaan metode Simpleks dan POM-QM dalam penerapan strategi optimasi bagi pelaku UMKM kuliner lainnya di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode studi kasus dengan pendekatan desain penelitian kuantitatif. Proses pelaksanaannya dilakukan dengan mengidentifikasi variabel-variabel yang relevan serta merancang model linier guna mengoptimalkan manfaat yang dapat diperoleh berdasarkan fenomena yang ada. Pendekatan kuantitatif yang diterapkan bertujuan untuk menganalisis fenomena kuantitatif terkait manajemen kegiatan penelitian, dengan memanfaatkan model-model matematis yang disusun secara sistematis dan aplikatif dalam menjawab pertanyaan penelitian yang ditetapkan. Fokus penelitian diarahkan pada UMKM yang bergerak di bidang penjualan batagor dan tahu walik. UMKM ini dipilih sebagai subjek utamagenelitian untuk mengeksplorasi potensi bisnis dan peluang pengembangan yang signifikan.

Penelitian ini memanfaatkan dua jenis data utama, yakni data primer dan sekunder. Data primer mencakup informasi objektif yang diperoleh langsung dari penelitian lapangan melalui wawancara dengan narasumber. Data produksi menjadi elemen penting dalam memahami proses operasional, terutama dalam konteks manufaktur atau produksi. Sementara itu, data sekunder berupa data yang telah tersedia sebelumnya, yang dirangkum dalam bentuk tabel guna memperkuat analisis yang dilakukan dalam penelitian ini.

Optimasi pada penelitian ini dilakukan menggunakan Metode Simpleks untuk mengoptimalkan keuntungan produksi. Tahapan prosedur metode simpleks terdiri dari 3 tahap. Tahap pertama formulasi model linier, dimana tahap ini akan melakukan; (1) penentuan fungsi tujuan (Z) yang merepresentasikan keuntungan maksimal; (2) menentukan fungsi kendala berdasarkan keterbatasan bahan baku dan modal harian' dan (3) penulisan fungsi pembatas berdasarkan kendala yang ada. Tahapan selanjutnya adalah persamaan diubah ke dalam bentuk baku dengan menambahkan variabel slack dan diformulasikan dalam tabel simpleks dan disusul dengan tahapan iterasi simpleks Manual dengan memilih kolom kunci, baris kunci dan angka kunci hingga diperoleh solusi optimal yang ditandai dengan tidak adanya bilangan negatif pada baris fungsi tujuan.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Kemudian proses optimasi yang sama dilakukan menggunakan perangkat lunak POM-QM for Windows dengan langkah-langkah; (1) memasukkan data fungsi tujuan dan kendala pada menu *Linear Programming*; (20 menjalankan proses *Solve* untuk mendapatkan hasil iterasi; (3) memeriksa langkah-langkah iterasi pada menu *Iterations*; (4) menampilkan solusi optimal pada menu *Solution List*. Sedang untuk validasi dilakukan dengan membandingkan hasil optimasi metode simpleks manual dan hasil yang diperoleh dari perangkat lunak POM-QM. Parameter validasi meliputi; (1) solusi optimal berupa jumlah produksi batagor dan tahu walik; (2) nilai keuntungan maksimum yang diperoleh; dan (3) jumlah iterasi yang diperlukan hingga mencapai solusi optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam menjalankan usahanya, Bang Abizar memproduksi dua jenis makanan yaitu batagor dan tahu walik. Bang Abizar mampu menjual produk-produk tersebut dengan harga Rp5.000 per porsi setiap hari. Namun, keuntungan yang diperoleh dari setiap produk berbeda. Setiap porsi batagor memberikan keuntungan sebesar Rp1.500, sementara tahu walik memberikan keuntungan sebesar Rp1.000 per porsi.

Untuk menjamin kelangsungan usahanya, Bang Abizar menghadapi kendala dalam hal ketersediaan bahan baku dan modal harian. Setiap hari, ia hanya memiliki persediaan terbatas berupa tepung terigu, daging ayam, kulit lumpia, dan tahu, serta modal harian sebesar Rp400.000. Dengan keterbatasan ini, Bang Abizar harus menentukan jumlah porsi optimal dari batagor dan tahu walik yang harus diproduksi untuk memaksimalkan keuntungan harian. Bang Abizar memiliki persediaan bahan baku setiap harinya sebagai berikut; (1) tepung terigu 3.000 gr; (2) daging ayam 2.000 gr; (3) kulit lumpia 2.000 gr yang hanya digunakan untuk batagor; (4) tahu sebanyak 3.750 gr yang hanya digunakan untuk tahu walik; dan (5) modal harian sebesar Rp400.000. Untuk memproduksi setiap porsi, kebutuhan bahan baku per produk. Pembuatan batagor memerlukan 40 gr tepung terigu, 40 gr daging ayam, dan 50 gr kulit lumpia. Sedangkan untuk pembuatan tahu walik: memerlukan 60 gr tepung terigu, 60 gr daging ayam, dan 125 gr tahu.

Tujuan penelitian ini adalah menentukan jumlah produksi untuk memperoleh keuntungan yang maksimal dari kendala/keterbatasan bahan baku dan modal harian yang dimiliki oleh Bang Abizar. Metode simpleks dapat digunakan untuk menentukan jumlah porsi batagor dan tahu walik yang harus diproduksi setiap hari untuk memaksimalkan keuntungan dengan mempertimbangkan kendala-kendala yang ada. Maka formulasi model matematisnya $Z = 15x + 10y$ (dalam Rp 100) dan batasan sumber daya pertama banyaknya tepung terigu yang digunakan untuk membuat 1 porsi batagor (x) adalah 40 gr dan untuk membuat tahu walik (y) memerlukan 60 gr. Persediaan tepung terigu adalah 3.000 gr dimodelkan menjadi $40x + 60y \leq 3000 \rightarrow 2x + 3y \leq 150$. Kemudian banyaknya daging ayam yang digunakan untuk membuat 1 porsi batagor (x) adalah 40 gr dan untuk membuat tahu walik (y) memerlukan 50 gr, persediaan daging ayam adalah 2.000 gr dimodelkan $40x + 60y \leq 2000 \rightarrow 4x + 6y \leq 200$. Banyaknya kulit lumpia yang digunakan untuk membuat 1 porsi batagor (x) adalah 50 gr. Persediaan kulit lumpia adalah 2.000 gr dimodelkan sebagai $50x \leq 2000 \rightarrow x \leq 40$ Banyaknya tahu yang digunakan untuk membuat 1 porsi tahu walik (y) memerlukan 125 gr. Persediaan tahu walik adalah 3.750 gr dimodelkan $125y \leq 3750 \rightarrow 6y \leq 250$ danModal harian yang dimiliki adalah Rp 400.000 dimodelkan sebagai $3500x + 4000y \leq 400.000 \rightarrow 7x + 8y \leq 800$.

Berdasarkan data yang ada, dapat dihitqung maksimum data fungsi tujuan diubah menjadi fungsi eksplisit yaitu dengan menggeser elemen dari sebelah kanan ke sebelah kiri, sehingga fungsi

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

tujuan berubah menjadi: $Z - 15x - 10y - 0S_1 - 0S_2 - 0S_3 - 0S_4 - 0S_5 = 0$. Fungsi batasan diubah dengan memberikan *variabel slack* yang berguna untuk mengetahui batasan-batasan dalam kapasitas dengan menambah variabel tambahan menjadi; (1) $2x + 3y + S_1 + 0S_2 + 0S_3 + 0S_4 + 0S_5 = 150$; (2) $4x + 6y + 0S_1 + S_2 + 0S_3 + 0S_4 + 0S_5 = 200$; (3) $x + 0y + 0S_1 + 0S_2 + S_3 + 0S_4 + 0S_5 = 40$; (4) $0x + 6y + 0S_1 + 0S_2 + 0S_3 + S_4 + 0S_5 = 250$; dan (5) $7x + 8y + 0S_1 + 0S_2 + 0S_3 + 0S_4 + S_5 = 800$. Persamaan-persamaan di atas diformulasikan kedalam tabel 1.

Tabel 1. Formulasi

VD	x	y	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	NK
Z	-15	-10	0	0	0	0	0	0
S_1	2	3	1	0	0	0	0	150
S_2	4	6	0	1	0	0	0	200
S_3	1	0	0	0	1	0	0	40
S_4	0	6	0	0	0	1	0	250
S_5	7	8	0	0	0	0	1	800

Memilih kolom kunci, yaitu bilangan negatif terbesar pada baris fungsi tujuan. Memilih baris kunci, yaitu nilai yang memiliki indeks dengan angka positif terkecil. Indeks diperoleh dari nilai kanan (NK) dibagi dengan nilai kolom kunci. Kemudian perpotongan antara kolom kunci dan baris kunci merupakan angka kunci. Sehingga di peroleh kolom x sebagai kolom kunci, baris S_3 sebagai baris kunci dan angka 1 sebagai angka kunci. Setelah setiap tahapan dilakukan akan diperoleh hasil optimasi sementara tabel 2.

Tabel 2. Hasil Optimasi Sementara

VD	x	y	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	NK
Z	0	-10	0	0	0	0	0	0
S_1	0	3	1	0	-2	0	0	70
S_2	0	6	0	1	-4	0	0	40
x	1	0	0	0	1	0	0	40
S_4	0	6	0	0	0	1	0	250
S_5	0	8	0	0	-7	0	1	520

Untuk menentukan keuntungan maksimum, tidak boleh ada angka negatif pada baris fungsi tujuan. Berdasarkan tabel di atas, masih terdapat nilai negatif pada baris fungsi tujuan sehingga masih harus dilakukan literasi kedua yaitu pada kolom y. Selanjutnya Mengubah nilai pada baris kunci. Semua nilai pada baris S_2 dibagi dengan 6 (angka kunci). Hasil pembagian dimasukkan pada baris baru yaitu baris S_2 yang telah diubah menjadi y. Mengubah nilai-nilai selain pada baris kunci dan melengkapi tabel simpleks menggunakan nilai-nilai baris baru sehingga diperoleh hasil optimasi akhir (tabel 3)

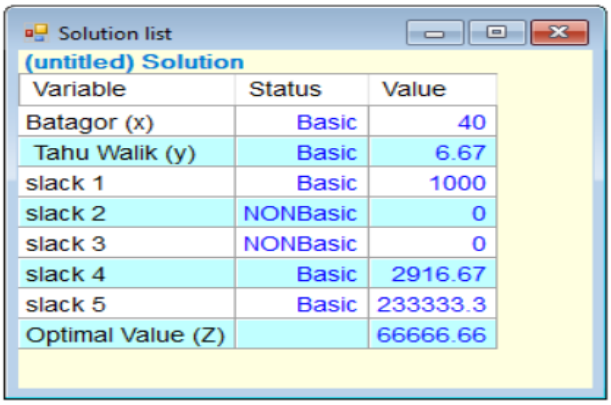
Tabel 3. Hasil Optimasi Akhir

VD	x	y	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	NK
Z	0	0	0	$\frac{10}{6}$	$-\frac{40}{6}$	0	0	$\frac{400}{6}$
S_1	0	0	1	$-\frac{3}{6}$	0	0	0	50
y	0	1	0	$\frac{1}{6}$	$-\frac{4}{6}$	0	0	$\frac{40}{6}$
x	1	0	0	0	1	0	0	40
S_4	0	0	0	-1	4	1	0	210
S_5	0	0	0	$-\frac{8}{6}$	$-\frac{10}{6}$	0	1	$\frac{2800}{6}$

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Berdasarkan Tabel 3 di atas, baris Z tidak lagi ada yang bernilai negatif, sehingga solusi yang diperoleh sudah optimal. Maka keuntungan maksimum yang diperoleh UMKM Batagor dan Tahu Walik Bang Abizar dalam satu hari dari perhitungan dengan metode simpleks adalah Rp 66.666,67 dengan memproduksi Batagor (x) sebanyak 40 porsi dan tahu walik sebanyak 6 porsi.

Kemudian solusi maksimum program linear menggunakan POM-QM, setelah melakukan input data pada POM-QM, langkah selanjutnya adalah memilih tombol "Solve," kemudian membuka menu "Iterations" dan memilih "Solution List." Dengan tahapan tersebut, akan diperoleh penyelesaian masalah pemrograman linear menggunakan metode Simpleks dan akan diperoleh *output* seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Tampilan Solusi Pemecahan Masalah

Analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan Program Linear dengan bantuan POM-QM dalam optimalisasi UMKM Batagor dan Tahu Walik Bang Abizar dapat mempercepat dan mempermudah perhitungan keuntungan maksimum secara akurat, meskipun terdapat keterbatasan bahan baku yang tersedia. Analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa perhitungan keuntungan maksimum dengan menggunakan metode simpleks dalam Program Linear serta perhitungan melalui POM-QM menghasilkan nilai yang sama. Keuntungan maksimum yang dapat diperoleh UMKM Bang Abizar dalam satu hari mencapai Rp 66.000,00, dengan jumlah produksi Batagor (X) sebanyak 40 porsi dan Tahu Walik (Y) sebanyak 6 porsi.

Selain itu, hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Pratama et al. (2021) yang menganalisis penerapan metode simpleks dan POM-QM pada UMKM Peti Mati Pak Suharyono. Metode simpleks digunakan dalam penelitian tersebut untuk memaksimalkan keuntungan harian dalam keterbatasan sumber daya seperti waktu perakitan dan finishing, yang serupa dengan kendala bahan baku dan modal dalam penelitian ini. Pratama et al. (2021) menemukan bahwa perhitungan keuntungan maksimum dengan metode simpleks, baik secara manual maupun menggunakan POM-QM, memberikan hasil yang konsisten, yaitu Rp6.000.000,00 per hari. Temuan ini mendukung hasil penelitian kami bahwa metode simpleks efektif dalam memaksimalkan keuntungan UMKM di bawah batasan sumber daya yang ada dan menunjukkan bahwa metode ini dapat diandalkan dalam berbagai sektor produksi.

KESIMPULAN

Bang Abizar memproduksi batagor dan tahu walik dengan harga jual Rp5.000 per porsi. Setiap porsi batagor menghasilkan keuntungan Rp1.500, sementara tahu walik memberikan keuntungan Rp1.000. Namun, produksi kedua makanan ini dibatasi oleh ketersediaan bahan baku (tepung terigu, daging ayam, kulit lumpia, dan tahu) dan modal harian sebesar Rp400.000. Untuk

menentukan kombinasi produksi optimal, digunakan metode simpleks dalam Program Linear. Dengan metode simpleks, diperoleh hasil bahwa keuntungan maksimum harian UMKM ini adalah Rp66.666,67 dengan memproduksi 40 porsi batagor dan 6 porsi tahu walik. Demikian juga saat dilakukan perhitungan menggunakan POM-QM, hasil yang diperoleh yaitu keuntungan sebesar Rp. 66.666.66, dengan produksi batagor 40 porsi dan tahu walik 6 porsi. Sehingga penerapan Program Linear menggunakan perangkat lunak POM-QM menghasilkan solusi yang sama, menunjukkan bahwa metode ini efektif dan tepat dalam menentukan produksi optimal berdasarkan keterbatasan sumber daya yang dimiliki Bang Abizar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terimakasih kepada Ibu Erlinawaty Simanjuntak, S.Pd, M.Si selaku dosen pengampu mata kuliah Program Linear yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada kami sehingga kami dapat menyelesaikan artikel ini dengan baik. Kami juga mengucapkan terimakasih kepada rekan-rekan yang membantu kami dalam menyelesaikan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

Alam, T. B., Megasari, A., Ernawati, Amalia, S. A., Maulani, N. G., & Mahuda, I. (2021). *Optimalisasi Keuntungan Produksi Makanan Menggunakan Pemrograman Linear Melalui Metode Simpleks* (Vol. 1, Issue 2). http://bayesian.lppmbinabangsa.id/index.php/home

Astutik, E. P., Faizah, H., & Wantika, R. R. (2022). Penerapan case method berbantuan software pom-qm dalam pembelajaran program linier. *Fibonacci: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Matematika*, *8*(2), 157–164. https://doi.org/10.24853/fbc.8.2.157-164

Firmansyah, Panjaitan, D. J., Salayan, M., & Silalahi, A. D. (2018). Pengoptimalan Keuntungan Badan Usaha Karya Tani Di Deli Serdang Dengan Metode Simpleks. *JISTech*, *3*(1), 18–28.

Hani, N., & Harahap, E. (2021). Optimasi Produksi T-Shirt Menggunakan Metode Simpleks Production Optimization of T-Shirt Using Simplex Method. *Jurnal Matematika*, *20*(2), 27–32.

Hidayah, A. A., Harahap, E., & Badruzzaman, F. H. (2022). *Optimasi Keuntungan Bisnis Bakery Menggunakan Program Linear Metode Simpleks (Optimization of Bakery Business Profits Using Linear Programs Simplex Method)*. https://www.researchgate.net /publication/363318788

Mutrofin, K., Muhammad, A. N., & Mahmud. (2021). PERAN Umkm Dalam Mempertahankan Ekonomi Jawa Timur Selama Pandemic Covid-19. In *Jurnal Manajemen* (Vol. 1). Cetak. https://jurnal.stiedarulfalahmojokerto.ac.id/index.php/Jurnal-el-Idhara

Pratama, A. G., Haryanto, T., Athallah, R. I., & Susanto, R. (2021). *Maksimalisasi Keuntungan Pada UMKM Peti Mati Suharyono Menggunakan Metode program linear dan POM-QM*.

Rumetna, M. S., Lina, T. N., Rustam, M. Y., Sitaniapessy, S. F., Soulisa, D. I., Sihombing, D. S., Kareth, S., & Kadiwaru, Y. (2020). Computer Based Information System Journal Optimalisasi Penjualan Noken Kulit Kayu Menggunakan Metode Simpleks Dan Software POM-QM. *CBIS JOURNAL*, *08*(02), 37–45. http://ejournal.upbatam.ac.id/index.php/cbishttp://ejournal. upbatam.ac.id/ index.php/cbis

Sari, D. A., Sundari, E., Rahmawati, D. D., & Susanto, R. (2020). Maksimalisasi Keuntungan Pada UMKM Sosis Bu Tinuk Menggunakan Metode Simpleks dan POM-QM. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, *7*(2), 243–249. https://doi.org/10.30865/jurikom.v7i2.1889

Suroso, J. S. D., & Nugroho, P. (2023). Analisis Optimalisasi Produksi dengan Linear Programming Melalui Metode Simpleks (Studi Kasus UMKM Aqisa Rumah Rosella Surabaya). *Jurnal Kajian Ilmu Manajemen*, *3*(2), 179–188. https://journal.trunojoyo.ac.id/jkim

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Surya, E., & Siagian, N. (2024). *Optimalisasi Produksi Dalam Memperoleh Keuntungan Maksimum Meenggunakan Metode Simpleks Pada Warung Bakso MAS Ragil*.

Susanti, V. (2021). Tahun 2021 Optimalisasi Produksi Tahu Menggunakan Program Linear Metode Simpleks. *Jurnal Ilmiah Matematika*, 399–406.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Optimalisasi Produksi Bakpao dengan Program Linier Menggunakan Metode Simpleks pada Usaha Bakpao Jumat Berkah

Afta Geosasmita Saragih[1], Aini Wardana[2], Azra Khumairah[3], Raissya Adhawina[4], Rival Ananda Gisty[5], Shepia Angraini[6*], Erlinawaty Simanjuntak[7]

[1,2,3,4,5,6,7]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author: shepiaangraini@gmail.com*

Abstrak, Di era persaingan bisnis yang semakin ketat, pelaku UMKM harus mampu beradaptasi dan mengoptimalkan produksi untuk memaksimalkan keuntungan dengan memanfaatkan sumber daya yang terbatas. Dalam menghadapi tantangan tersebut, metode pemograman linier dengan pendekatan simpleks dapat digunakan untuk menentukan kombinasi produksi yang optimal. Salah satu masalah yang di hadapi pedagang Bakpao "Jumat berkah" adalah menentukan keuntungan maksimum dari tiga jenis bakpao yang dihasilkan yaitu bakpao jenis A, bakpao jenis B, dan bakpao jenis C. Kendala yang dihadapi berupa keterbatasan sumber daya produksi yaitu tepung, gula dan cokelat. Masalah ini dapat diselesaikan dengan menerapkan model program linier. Dengan pemecahan masalah menggunakan metode simplex secara manual dan menggunakan program POM-QM for Windows diharapkan diperoleh hasil keuntungan maksimum. Adapun hasil dari pemecahan permasalahan ini yaitu untuk mencapai keuntungan maksimum pedagang bakpao"Jumat Berkah" harus menjual sebanyak 90 buah bakpao jenis B dengan harga Rp. 5,000, serta tidak menjual bakpao jenis A dan bakpao jenis C.
Kata kunci: *Pemrograman Linier, Metode Simpleks, POM-QM for Windows.*

Abstract*, In an era of increasingly tight business competition, UMKM must be able to adapt and optimize production to maximize profits by utilizing limited resources. In facing these challenges, the linear programming method with a simplex approach can be used to determine the optimal production combination. One of the problems faced by "Jumat Berkah" buns traders is determining the maximum profit from the three types of buns produced: type A buns, type B buns and type C buns. The obstacles faced are limited production resources, namely flour, sugar, and chocolate. This problem can be solved by applying a linear programming model. By solving problems manually using the simplex method and using the POM-QM for Windows program, maximum profits will be obtained. The result of solving this problem is that to achieve maximum profits, the "Jumat Berkah" buns seller must sell 90 type B buns for Rp. 5,000, and does not sell type A buns and type C buns.*
Keywords*: Linear Programming, Simplex Method, POM-QM for Windows.*

Citation : Saragih, A. G., dkk. (2024 Optimalisasi Produksi Bakpao dengan Program Linier Menggunakan Metode Simpleks pada Usaha Bakpao Jumat Berkah. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 174 – 179

PENDAHULUAN

Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) telah menjadi pilar utama dalam mendukung perekonomian Indonesia, memberikan kontribusi signifikan sebesar 60% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) dan menyerap lebih dari 97% tenaga kerja (Kementerian Koperasi dan UKM). Ketahanan UMKM dalam menghadapi krisis ekonomi, seperti krisis ekonomi Asia pada tahun 1997, membuktikan pentingnya peran UMKM dalam menjaga stabilitas ekonomi nasional saat banyak perusahaan besar mengalami keterpurukan (Hamdani, 2020). Dengan karakteristik yang fleksibel dan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

cakupan yang luas, UMKM tidak hanya menjadi motor penggerak ekonomi lokal, tetapi juga memperkuat stabilitas ekonomi nasional, bahkan di tengah ketidakpastian ekonomi global.

Di sektor bisnis makanan, UMKM mengalami perkembangan pesat, salah satunya dalam usaha makanan khas seperti bakpao yang diminati masyarakat Indonesia. Namun, pelaku UMKM di sektor ini menghadapi berbagai tantangan, termasuk ketidakstabilan harga bahan baku dan meningkatnya persaingan. Oleh karena itu, diperlukan strategi yang tepat dalam pengelolaan sumber daya untuk mengoptimalkan produksi dan keuntungan (Aziz Hendradi, 2012). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi tantangan ini adalah pemrograman linier simpleks, yang telah terbukti efektif dalam menentukan alokasi sumber daya optimal untuk meningkatkan efisiensi produksi dan keuntungan (Livvy Leonardi et al., n.d.). Sebagai contoh, penelitian oleh (Aik et al., 2023) menunjukkan bahwa metode simpleks efektif dalam menentukan kombinasi produksi optimal pada usaha skala kecil di sektor makanan.

Dalam mengimplementasikan metode simpleks, penggunaan perangkat lunak seperti POM-QM for Windows menjadi sangat relevan. POM-QM for Windows adalah perangkat lunak yang dirancang untuk membantu dalam pengambilan keputusan di bidang manajemen produksi dan operasi, metode kuantitatif, ilmu manajemen, dan riset operasi (AL MUT'U & Fitriyah, 2023). Kelebihan utama dari POM-QM adalah kemampuannya untuk memecahkan masalah optimasi secara tepat, cepat, dan efisien. Selain itu, POM-QM for Windows mudah digunakan dan memiliki tampilan yang menarik, sehingga memudahkan pengguna baru dalam memahami dan mengoperasikan perangkat lunak ini (Rahmawati & Kharis, 2024). Beberapa penelitian terdahulu juga mendukung penggunaan POM-QM for Windows dalam menyelesaikan masalah optimasi. Misalnya, penelitian yang dilakukan oleh (Azizah, 2023) menunjukkan bahwa POM-QM for Windows mampu membantu UMKM dalam menghitung keuntungan maksimum dengan efisien dari keterbatasan sumber daya yang ada. Selain itu, aplikasi ini juga dapat mempercepat proses perhitungan dan memberikan hasil yang akurat, sehingga memungkinkan UMKM untuk berinovasi dalam menghasilkan produk (Rumetra et al, (2019). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa POM-QM for Windows dapat digunakan untuk menentukan kombinasi produksi yang sesuai agar memperoleh keuntungan sebesar-besarnya (Ilahi, 2023). Dengan demikian, penggunaan POM-QM for Windows dapat menjadi solusi yang efektif bagi UMKM dalam mengoptimalkan produksi dan meningkatkan keuntungan.

Usaha bakpao "Jumat Berkah" adalah salah satu contoh konkret dari UMKM di sektor makanan yang memproduksi tiga jenis bakpao dengan harga dan keuntungan berbeda: bakpao jenis A seharga Rp 4.000 dengan keuntungan Rp 2.500, bakpao jenis B seharga Rp 5.000 dengan keuntungan Rp 3.500, dan bakpao jenis C seharga Rp 7.000 dengan keuntungan Rp 3.000. Dalam konteks ini, penting bagi usaha "Jumat Berkah" untuk mengoptimalkan produksi agar dapat mencapai keuntungan maksimum meskipun terdapat keterbatasan dalam ketersediaan bahan baku seperti tepung, gula, dan cokelat.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini memiliki kebaruan ilmiah dalam penerapan metode simpleks dengan menggunakan POM-QM for Windows sebagai alat bantu optimasi produksi bakpao "Jumat Berkah". Penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi konkret bagi UMKM dalam mengalokasikan sumber daya secara efisien dalam bisnis dengan variasi produk yang berbeda. Dengan demikian, diharapkan hasil penelitian ini dapat meningkatkan efisiensi dan profitabilitas usaha bakpao serta memberikan wawasan bagi UMKM lain dalam mengadopsi strategi optimasi berbasis POM-QM for Windows.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana usaha bakpao "Jumat Berkah" dapat memaksimalkan keuntungan dengan keterbatasan bahan baku serta menentukan kombinasi produksi yang paling optimal untuk ketiga jenis bakpao tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menemukan strategi produksi yang optimal melalui penerapan metode simpleks dengan bantuan POM-QM for Windows, yang diharapkan dapat memberikan rekomendasi strategis bagi UMKM dalam menghadapi persaingan pasar yang semakin ketat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif, di mana data diperoleh, diolah, dan dianalisis sesuai dengan kondisi lapangan untuk memahami optimalisasi penjualan produk roti pada usaha Bakpao “Jumat Berkah”. Penelitian ini dilakukan di Jalan Selamat Ketaren, Medan, pada tanggal 28 Oktober 2024 pukul 15.00 WIB dengan tujuan memaksimalkan penjualan melalui penerapan Linear Programming menggunakan metode simpleks. Data dikumpulkan melalui tiga teknik utama, yaitu observasi, wawancara, dan dokumentasi. Observasi dilakukan dengan pengamatan langsung terhadap kondisi dagangan dan proses penjualan di lokasi penelitian. Wawancara dilakukan kepada pemilik usaha dengan instrumen penelitian berupa beberapa pertanyaan untuk memperoleh informasi mengenai proses produksi, bahan baku, serta kendala yang dihadapi dalam memenuhi penjualan. Selain itu, dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan data seperti laporan produksi, catatan penjualan, dan data persediaan bahan baku yang akan dianalisis lebih lanjut.

Teknik analisis data yang digunakan adalah Linear Programming dengan metode simpleks, yang efektif dalam menentukan solusi optimal untuk permasalahan yang melibatkan banyak variabel dan kendala. Langkah-langkah analisis meliputi identifikasi variabel keputusan, penentuan fungsi kendala, perumusan fungsi tujuan, dan pemecahan masalah (Maringan, Usuli, & Sriwati, 2022).

Variabel keputusan dalam penelitian ini adalah tiga jenis bakpao yang diproduksi oleh usaha Bakpao “Jumat Berkah”, yaitu bakpao jenis A dengan harga Rp 4000,00, bakpao jenis B dengan harga Rp 5000,00, dan bakpao jenis C dengan harga Rp 7000,00. Fungsi kendala ditentukan berdasarkan ketersediaan bahan baku seperti tepung, gula dan coklat yang digunakan untuk masing-masing jenis bakpao. Fungsi tujuan dirumuskan untuk memaksimalkan keuntungan dari penjualan bakpao. Penggunaan perangkat lunak QM for Windows V5 membantu menghitung nilai optimal dari fungsi tujuan yang telah ditentukan. Setelah semua fungsi kendala dan tujuan dimasukkan dalam model Linear Programming, perangkat lunak QM for Windows V5 digunakan untuk mendapatkan solusi optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data dari usaha bakpo “jumat berkah”. Bakpao jumat berkah memproduksi tiga jenis bakpao, yaitu bakpao jenis A dengan harga 4.000, jenis B dengan harga 5.000 dan jenis C dengan harga 7.000. Keuntungan yang diperoleh sebesar 2.500 untuk setiap penjualan satu bakpao jenis A, Rp 3.500 untuk setiap penjualan satu bakpao jenis B, Rp 3.000 untuk setiap penjualan satu bakpao jenis C. Untuk membuat bakpao jenis A diperlukan 50 gram tepung, 10 gram gula dan 15 gram cokelat. Untuk membuat bakpao jenis B diperlukan 80 gram tepung, 15 gram gula dan 20 gram cokelat. Untuk membuat bakpao jenis C, diperlukan 170 gram tepung, 35 gram gula, dan 35 gram cokelat. Jumlah bahan yang tersedia yaitu tepung 10 kg, gula 2,7 kg, dan cokelat 1,8 kg.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Tabel 1. Bahan Baku Pembuatan Kue

Jenis Bakpao	Tepung(gr)	Gula(gr)	Cokelat(gr)	Keuntungan(Rp)
jenis A	50 gram	10 gram	15 gram	Rp 2.500
jenis B	80 gram	15 gram	20 gram	Rp 3.500
jenis C	170 gram	35 gram	35 gram	Rp 3.000

Jumlah bahan yang tersedia yaitu tepung 10.000 gram, gula 2.700 gram dan cokelat 1.800 gram, sehingga fungsi-fungsi yang dapat dibentuk; (1) fungsi tujuan, $Z = 2.500x_1 + 3.500x_2 + 3.000x_3$; (2) fungsi kendala, $50\ x_1 + 80\ x_2 + 170\ x_3 \leq 10.000$, $10\ x_1 + 15\ x_2 + 35\ x_3 \leq 2.700$, $15\ x_1 + 20\ x_2 + 35\ x_3 \leq 1.800$, dan $x_1, x_2, x_3 \geq 0$. Kemudian fungsi-fungsi tersebut diubah menjadi, $Z - 2.500x_1 - 3.500x_2 + 3.000x_3 - 0S_1 - 0S_2 - 0S_3 = 0$, $50\ x_1 + 80\ x_2 + 170\ x_3 + S_1 + 0S_2 + 0S_3 = 10.000$, $10\ x_1 + 15\ x_2 + 35\ x_3 + 0S_1 + S_2 + 0S_3 = 2.700$, dan $15\ x_1 + 20\ x_2 + 35\ x_3 + 0S_1 + 0S_2 + S_3 = 1.800$. Fungsi-fungsi tersebut disusun dalam tabel 2.

Tabel 2. Data Fungsi

	X_1	X_2	X_3	S_1	S_2	S_3	NK	Indeks
Z	-2.500	-3.500	-3.000	0	0	0	0	-
S_1	50	80	170	1	0	0	10.000	125
S_2	10	15	35	0	1	0	2.700	180
S_3	15	20	35	0	0	1	1.800	95

Bakpao "Jumat Berkah"

	X1	X2	X3		RHS	Equation form
Maximize	2500	3500	3000			Max 2500X1 + 3500X2 + 3000X3
kendala 1	50	80	170	<=	10000	50X1 + 80X2 + 170X3 <= 10000
kendala 2	10	15	35	<=	2700	10X1 + 15X2 + 35X3 <= 2700
kendala 3	15	20	35	<=	1800	15X1 + 20X2 + 35X3 <= 1800

Gambar 1. Tampilan Masukan Data Produksi

Dari tabel 2 setelah dilakukan optimasi maka didapatkan, $Z = 315.000$, $X_1 = 0$. $X_2 = 90$, dan $X_3 = 0$. Pada saat iterasi pertama tabel simpleks sudah optimum, dimana yang artinya agar bakpao jumat berkah memperoleh keuntungan yang maksimum maka harus menjual bakpao jenis B (Rp 5.000) sebanyak 90 buah.Untuk mencapai keuntungan maksimum, bakpao ”Jumat Berkah” harus menjual sebanyak 90 buah bakpao jenis B, dan tidak menjual bakpao jenis A dan bakpao jenis C. Dengan jumlah produksi ini bakpao jumat berkah akan mengoptimalkan penggunaan bahan baku dan sumber daya lain secara efisien, sehingga memberikan hasil keuntungann yang paling optimal sesuai dengan perhitungan program linier. Kemudian hasil ini dibandingkan dengan menggunakan program POM-QM for Windows dengan menginput data seperti gambar 1 dan melakukan langkah-langkah menentukan nilai optimun diperoleh *output* seperti pada gambar 2.

Setelah dihitung menggunakan metode simpleks secara manual dan menggunakan POM-QM for Windows, maka didapatkan hasil yang sama, yaitu keuntungan maksimum sebesar Rp 315.000 dengan jumlah produksi optimal 90 buah bakpao jenis B**,** serta tidak memproduksi bakpao jenis A dan C. Hal ini menunjukkan bahwa baik perhitungan manual maupun menggunakan software memberikan solusi optimal yang sama dalam menentukan strategi produksi terbaik untuk memperoleh keuntungan maksimal.

Sementara itu, perhitungan menggunakan POM-QM for Windows jauh lebih cepat dan efisien. Pengguna hanya perlu memasukkan data fungsi tujuan dan kendala ke dalam sistem, lalu software secara otomatis menyelesaikan iterasi hingga ditemukan solusi optimal. Dengan pendekatan ini, risiko kesalahan hitung dapat diminimalisir, dan proses penyelesaian menjadi lebih praktis, terutama jika menghadapi permasalahan dengan lebih banyak variabel dan kendala. Dengan

demikian, meskipun metode simpleks manual memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang konsep optimasi, penggunaan POM-QM for Windows lebih direkomendasikan dalam praktik nyata karena kemudahannya dalam melakukan perhitungan secara cepat dan akurat.

Bakpao "Jumat Berkah" Solution		
Variable	Status	Value
X1	NONBasic	0
X2	Basic	90
X3	NONBasic	0
slack 1	Basic	2800
slack 2	Basic	1350
slack 3	NONBasic	0
Optimal Value (Z)		315000

Gambar 2. *Output solution* dari POM-QM for Windows

KESIMPULAN

Setelah mempelajari hasil perhitungan dan analisis penelitian tentang optimasi produksi dengan menggunakan model linier programming dan metode simplex, kami dapat menyimpulkan hal berikut; (1) Hasil analisis menunjukkan bahwa menggunakan model linier programming dalam optimasi keuntungan pedagang bakpao "Jumat Berkah" dapat membantu dalam memaksimalkan keuntungan dari keterbatasan sumber daya; (2) Bakpao jenis B adalah produk yang menghasilkan keuntungan paling besar, dengan harga Rp.3,500, sedangkan bakpao jenis A dan C masing-masing seharga Rp.2,500 dan Rp.3,000. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan menggunakan model programming liner simpleks, pedagang harus memproduksi dan menjual 90 bakpao jenis B dengan harga Rp.5,000.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan dukungan selama penelitian ini, serta kepada teman-teman yang senantiasa membantu dan memberikan semangat. Ucapan terima kasih juga kami tujukan kepada para pelaku UMKM, khususnya pemilik usaha bakpao "Jumat Berkah," yang telah dengan sukarela memberikan data dan informasi penting. Semua dukungan ini menjadi motivasi berharga bagi kami dalam menyelesaikan penelitian ini, dan kami berharap hasil penelitian ini dapat memberi manfaat bagi perkembangan sektor UMKM di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

Aik, L. E., Choon, T. W., Hong, T. W., & Meng, C. E. (2023). *SIMPLEX METHOD FOR PROFIT MAXIMIZATION IN CHINESE BREAKFAST FOOD STALL*. *18*(3). www.arpnjournals.com

Hani, N., & Harahap, E. (2021). Optimasi produksi T-Shirt menggunakan metode simpleks. *Matematika: Jurnal Teori Dan Terapan Matematika*, *20*(2), 27-32.

Livvy Leonardi, L., Ekonomi, F., Bisnis, D., & Widya, U. (n.d.). *Optimalisasi Keuntungan Bakpao Menggunakan Pemrograman Linear Metode Simpleks Dan Software POM*. https://jtebr.unisan.ac

Saryoko, A. (2016). Metode simpleks dalam optimalisasi hasil produksi. *Informatics for Educators and Professional: Journal of Informatics*, *1*(1), 27-36.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Maringan, S. W., Usuli, S., & Sriwati, N. K. (2022). Analisis Optimalisasi Penjualan dengan Metode Simpleks. *Jurnal Ilmiah Ekomen*, 41-62.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengaruh Pendekatan Matematika Realistik Berbantuan Macromeda Flash Terhadap Kemampuan Koneksi Matematis Siswa Kelas VIII SMP Negeri 1 Nibung Hangus

Sri Wahyuni[1*], Hamidah Nasution[2]
[1,2]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author: sriwahyunims01@gmail.com*

Abstrak, Kemampuan koneksi matematis siswa kelas VIII di SMP Negeri 1 Nibung Hangus terbilang rendah. Siswa belum mampu dalam menghubungkan konsep matematika dalam menyelesaikan masalah matematika. Sebab itu, penelitian ini berupaya mengetahui apakah terdapat pengaruh pendekatan matematika realistik berbantuan macromedia flash terhadap kemampuan koneksi matematis siswa kelas VIII siswa SMP Negeri 1 Nibung Hangus. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini yakni metode eksperiman semu (quasi eksperimental). Populasi di penelitian ini ialah seluruh siswa kelas VIII di SMP Negeri 1 Nibung Hangus dengan sampel 2 kelas, yakni kelas VIII-1 menjadi kelas eksperemen dan kelas VIII-2 menjadi kelas kontrol. Pada kelas eksperimen diterapkan pendekatan matematika realistik berbantuan macromedia flash dan pada kelas kontrol diterapkan pembelajaran konvensional yang biasa diterapkan guru. Dengan penggunaan instrumen tes kemampuan koneksi matematis yang dituangkan dalam pretest dan posttest yang telah dipastikan valid dan reliabel. Perolehan hasil rata-rata nilai pretest kemampuan koneksi matematis siswa pada kelas eksperimen senilai 85,02, sementara di kelas kontrol 75,298. Dari hasil uji normalitas dan homogenitas ditemukan bahwasanya data berasal dari populasi yang berdistribusi normal dan homogen, selanjutnya dilaksanakan uji hipotesis. Hasil uji hipotesis-t dua sampel independen sepihak, diperoleh bahwa $t_{hitung} > t_{tabel}$ (2,29 > 1,67) dengan taraf signifikansi $a = 0{,}05$. Sehingga diperoleh kesimpulan H_0 ditolak dan H_a diterima, berarti bahwasanya terdapat pengaruh pendekatan matematika realistik berbantuan macromedia flash terhadap kemampuan koneksi matematis siswa kelas VIII SMP Negeri 1 Nibung Hangus.
Kata kunci: Koneksi Matematis; Macromedia Flash; Pendekatan Matematika Realistik; Pembelajaran Konvensional.

Abstract, *The mathematical connection ability of class VIII students at SMP Negeri 1 Nibung Hangus is relatively low. Students have not been able to connect mathematical concepts in solving mathematical problem. Therefore, this research aims to determine whether there is an effect of the realistic mathematics approach assisted by macromedia flash on the mathematical connection abilities of eighth-grade students at SMP Negeri 1 Nibung Hangus. The method applied in this research is quasi experimental design. The population in this study is all eighth-grade students at SMP Negeri 1 Nibung Hangus, with a sample consisting of two classes, namely calss VIII-1 as the exsperimental group and calss VIII-2 as the control group. I the experimental group, the realistc matematics approach assisted by macromedia flash is implemented, while in the control group, conventional learning typically used by teachers is applied. Using mathematical connection abbility test instruments in pretests and posttests that have been calidated and prevan reliable. The average pretest score of students' mathematical connection abilities in the experimental class was 85.02 while in the control class, it was 75.298. through tests of normality and homogenety, it was found that the data came from a normally distributed and homogenous population, followed by hypothesis testing. The results of the one-tailed independent samples t-test showed that the t-value (2.29) was greater than the critical value (1.67) at a significance level of* $a = 0.05$. *Therefore, the null hypothesis (H_0) is rejected, and the alternative hypothesis (H_a) is accepted, indicating that there is an effect of the*

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

realistic mathematics approach assisted by macromedia flash on the mathematical connection abilities of eighth-grade students at SMP Negeri 1 Nibung Hangus.
***Keywords**: Conventioal, Macromedia Flash, Mathematical Connection Abilities, Realistic Mathematics Approach*

Citation : Wahyuni, S., & Nasution, H. (2024). Pengaruh Pendekatan Matematika Realistik Berbantuan Macromeda Flash Terhadap Kemampuan Koneksi Matematis Siswa Kelas VIII SMP Negeri 1 Nibung Hangus. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 180 – 188

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan proses yang sangat penting dalam mewujudkan sumber daya manusia Indonesia yang unggul dalam mendukung pembangunan Indonesia. Ini selaras dengan fungsi dan tujuan pendidikan yang dituliskan di UU No.20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional. "Pendidikan nasional berfungsi mengembalikan kemampuan dan membantuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa, bertujuan untuk berkembangnya potensi peserta didik agar menjadi manusia beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab."

Pada hakikatnya matematika merupakan ilmu yang punya struktur deduktif, dimana susunannya tidak dimulai kompleks, tetapi dari suatu yang sederhana terlebih dahulu (Dalti & Kurniati, 2020). Ini menunjukkan adanya kaitan antar konsep-konsep matematika. Hubungan masing-masing konsep ini tidak hanya melibatkan sesuatu di dalam matematika, tetapi juga yang diluar matematika. Konsep yang saling berhubungan ini ialah salah satu dari beberapa indikator koneksi matematis.

National Council of Teachers of Mathematics (2000:29) menyatakan bahwasanya ada 5 standar proses matematika yang seharusnya siswa kuasai, antara lain pemecahan masalah (*problem solving*), penalaran dan bukti (*reasoning and proof*), komunikasi (*communication*), koneksi (*connection*), serta representasi (*representation*). Selain hal tersebut, koneksi matematis juga bagian dari tujuan pembelajaran yang termuat di Kurikulum Matematika 2013 yakni, "tujuan pembelajaran matematika supaya siswa paham konsep matematika, dapat menjelaskan hubungan tiap konsep dan menerapkan konsep atau algoritma dengan lancar, akurasi, cepat, dan tepat ketika memecahkan masalah".

Berdasarkan kutipan tersebut, dapat ditemukan bahwa koneksi matematika wajib menjadi kemampuan mendasar yang seharusnya siswa miliki supaya dapat menghadapi masalah matematika maupun di dunia nyata. Pernyataan tersebut sejalan dengan pendapat Kenedi et al., (2019) bahwa kemampuan koneksi matematis perlu untuk siswa miliki, sebab kepaahaman terhadap matematika yang lebih mendasar dan peningkatkan dalam kemampuan matematika akan terjadi ketika mereka bisa memahami kaitan antar konsep matematika itu sendri. NCTM, (2000) juga menyatakan bahwa saat siswa bisa menghubungkan setiap konsep di matematika, ketika itulah pemahaman matematika siswa akan menjadi lebih luas dan ketika mereka dapat menghubungkan konsep yang dimiliki sebelumnya dengan konsep yang baru maka pemahaman itu tidak hanya akan lebih mendalam tetapi juga akan bertahan lebih lama. Selain itu dengan mempelajari koneksi matematis mereka bukan hanya mempelajari matematika, di sisi lain belajar juga dalam menggunakan matematika.

Kemampuan koneksi matematis adalah kapasitas dalam menghubungkan konsep, prosedur, atau prinsip yang ada dalam matematika dengan konsep, prosedur, atau prinsip dalam ilmu lain dan di kehidupan sehari-hari. Jika kemampuan koneksi matematis siswa tergolong baik, maka ia akan

dapat melihat hubungan yang luas antar topik matematika, hingga proses belajarnya menjadi lebih bermakna. Dan ketika siswa bisa menemukan koneksi antar konsep, prosedur atau prinsip dengan tepat serta dapat memberi alasan untuk menjelaskannya, pemahaman mereka akan lebih luas dan juga menambah kepercayaan dirinya (Minarni et al., 2020). Oleh sebab itu, koneksi matematis artinya hubungan dari tiap konsep di dalam matematika ataupun keterhubungan konsep-konsep diluar matematika, yang meliputi kaitan matematika dengan disiplin ilmu lain juga di kehidupan sehari-hari (Siagian, 2016). Sehingga penting bagi siswa untuk memiliki kemampuan koneksi matematis untuk mampu dalam menemukan penyelesaian masalah matematika yang kompleks dan mampu dalam menyelesaikan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari dengan mengkoneksikan konsep matematika tersebut.

Nyatanya data dari wawancara dengan guru di SMP Negeri 1 Nibung Hangus memperlihatkan kemampuan matematika siswa masih minim seperti dalam menghubungkan konsep-konsep matematika yang masih minim. Kurangnya kemampuan siswa pada mata pelajaran matematika ini dipengaruhi oleh kemampuan mengkoneksikan konsep-konsep matematika yang diketahuinya. Gagasan ini sejalan dengan ungkapan NCTM, (2000) bahwa matematika itu hakikatnya bukan himpunan topik yang terpartisi tetapi satu kesatuan yang terintegrasi. Sehingga kemampuan mengkoneksikan konsep yang ada dalam matematika ini sangat berpengaruh pada kemampuan matematika siswa secara keseluruhan. Pendapat tersebut sesuai teori Bruner yang menyatakan bahwasanya pada matematika itu tiap konsep saling terkait pada konsep lainnya, tak hanya konsep, hal lain juga begitu seperti antar dalil, antar teori, antar topik ataupun antar cabang matematika lain. Dengan demikian, agar siswa sukses dalam mempelajari matematika, perlu bagi mereka untuk sering melihat dan menghadapi sendiri kaitan-kaitan itu.

Selain itu hasil wawancara terhadap siswa memperlihatkan bahwa mereka masih belum mampu mengidentifikasi apa konsep yang digunakan untuk memecahkan suatu permasalahan. Guru juga menyatakan bahwa siswa cenderung sulit memahami konsep yang dipakai ketika mencari solusi soal yang berbentuk aplikasi dalam dunia nyata. Mereka sulit memodelkan soal ke dalam bentuk matematika agar bisa diselesaikan menggunakan konsep matematika, mereka cenderung menyelesaikan sesuai dengan logika mereka saja. Hal ini menunjukkan bahwa *modelling connection* yang berhubungan dengan kemampuan koneksi matematis siswa sekarang masih minim.

Tak hanya itu, pembelajaran di kelas dilakukan secara langsung dengan pembelajaran konvensional tanpa menggunakan model pembelajaran yang telah ada, sehingga tidak terlalu berpatokan dengan langkah-langkah dan sintaks model tertentu. Metode yang dipakai guru dalam pembelajaran sudah mulai dicampur antara ceramah, diskusi dan terkadang dengan *game*, dengan tujuan menarik perhatian siswa. Tetapi, dalam proses pembelajaran siswa masih tergolong pasif sehingga pembelajaran matematika masih tergolong berpusat pada guru. Hingga peluang siswa untuk aktif dalam kegiatan belajar jadi terbatas dan cenderung monoton. Sejalan dengan pendapat Turmudi 2008 yang menyatakan bahwasanya pembelajaran matematika yang terjadi kurang memberikan ruang bagi siswa untuk berperan aktif, seperti dikatakan kalau pembelajaran matematika selalu diberikan kepada siswa dengan guru sebagai penyampai informasi hingga derajat "kemelekannya" jadi rendah, karena siswa tidak berperan dalam pembelajaran. Akhirnya siswa tidak terlalu terlibat dalam proses mendapatkan konsep yang seharusnya dikuasai. Oleh karena itu siswa sering lupa pada konsep-konsep yang dipelajari, serta cenderung bingung menyelesaikan masalah yang tidak sama dengan contoh yang pernah dibahas.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Biasanya pembelajaran yang diberikan secara langsung memberikan kesan yang monoton ketika tidak dibarengi dengan media yang menarik. Dengan sifat matematika yang tak konkret, harus lebih fokus dan serius untuk memahaminya, bahkan memerlukan waktu lebih untuk memahami simbol-simbol yang kadang susah dalam memahaminya (Hartinah DS, 2013; Mustamid, 2015). Ini mengakibatkan siswa mudah bosan dan tidak tertarik dalam belajar matematika dan menganggapnya pelajaran yang hanya menghafal rumus dan membosankan. Guru jarang mempergunakan media pembelajaran menarik pada pembelajaran. Dalam proses belajar pemahaman siswa pada topik yang diajarkan ialah tujuan utama (Wibowo, 2015). Dengan alasan tersebut, diperlukan bantuan multimedia interaktif sebagai inovasi media pembelajaran sekarang ini. Sehingga dengan menggunakan media belajar yang berdasar multimedia serta penggunaan *macromedia flash* sebagai alat bantu dalam membuat media pembelajaran yang masih belum pernah dipakai, perlu disosialisasikan kepada guru sebagai salah satu alternatif dalam mengajar.

Maka dari itu, sudah tugas guru untuk membantu siswa agar mampu menguasai kompetensi matematika yang dijadikan tujuan pembelajaran seperti koneksi matematika. Salah satu solusinya ialah menggunakan Pendekatan Matematika Realistik, sesuai pendapat Dalti & Kurniati, (2020) bahwa salah satu solusi dalam menyelesaikan masalah minimnya kemampuan koneksi matematis siswa ialah lewat penerapan Pendekatan Matematika Realistik. Pendekatan ini mendorong siswa untuk mendapatkan sendiri konsep matematika melalui pengalaman dan interaksi di lingkungan sehari-hari. Dengan belajar mencari penyelesaian atas berbagai masalah serta mengorganisasi topik yang relevan untuk menyelesaikan masalah tersebut. Proses pengorganisasian ini disebut sebagai *matematizing*. Haji & Abdullah, (2016) menyebutkan bahwa pembelajaran matematika realistik adalah pendekatan sistematis untuk merancang pembelajaran matematika yang efektif yang berfokus kepada kreativitas siswa dalam melakukan aktifitas pembelajjaran matematika. Ini melibatkan pemecahan masalah kontekstual, merumuskan model, menghubungkan bermacam topik, berkorelasi dengan bermacam sumber, memanfaatkan potensi diri, berdiskusi, melaksanakan refleksi, serta mengeksplorasi peristiwa pendidikan untuk menemukan bermacam konsep (prinsip) serta algoritma matematika.

Selain itu, di kelas pembelajaran juga dipengaruhi media yang dipakai. Berhasilnya kegiatan belajar untuk media komunikasi serta tempat guru dan siswa berinteraksi pada proses belajar mengajar didukung oleh alat bantu yang disebut media pembelajaran (Masykur et al., 2017:179). Menurut penelitian yang dilaksanakan Susanti et al., (2020) penggunaan media yang terbatas dalam proses belajar menyebabkan siswa memiliki anggapan bahwa matematika itu adalah pelajaran yang hanya dituntut untuk menghafal rumus-rumus dan cenderung dianggap membosankan. Ini bisa diatasi dengan menggunakan media pembelajaran yang dapat dibuat dengan bantuan *software Macromedia Flash*. Menurut Wahyuni et al., (2019) *Macromedia Flash* yakni bentuk multimedia yang dapat menyimpan animasi, grafik, video serta audio di perangkat digital. Akibatnya, dengan menggunakan *software* ini media yang dihasilkan bisa terasa lebih nyata dan mudah dalam menyampaikan materi.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif dengan jenis penelitian eksperimen semu. Keseluruhan siswa kelas VIII SMP Negeri 1 Nibung Hangus adalah populasi di penelitian ini, mereka terbagi menjadi 6 rombel. Sementara sampel penelitian ini berasal dari 2 kelas yang selanjutnya menjadi kelas eksperimen serta kontrol. Desain penelitian yang dipergunakan yakni *Pretestt-Posttest Control Group Design*. Ada dua kelompok yang berperan di desain ini yakni

kelompok eksperimen dan kontrol. Pemberian *pretestt* bertujuan untuk mendapat data kemampuan awal antara dua kelompok dan pemberian *posttest* bertujuan untuk mendapat data perbedaan kemampuan kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen setelah perlakuan diberi. Dalam penelitian ini perlakuan yang diberikan yakni penggunaan Pendekatan Matematika Realistik berbantuan *Macromedia Flash*. Metode pengumpulan data yang digunakan yakni tes yang berupa pretest dan posttest yang disusun berdasarkan indikator kemampuan koneksi matematis. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tes kemampuan koneksi matematis siswa.

Dalam menerapkan pendekatan matematika realistik, terdapat karakteristik dan prinsip yang menjadi patokan dalam melakukan pembelajaran di kelas. Pertama, penggunaan konteks yang akan membantu siswa mengimajinasikan materi yang akan dipelajari. Di pembelajaran, penggunaan konteks ini dilakukan dengan bantuan macromedia flash yang menampilkan video permainan susun cup yang menunjukkan bentuk pola bilangan pada jumlah cup dari piramid 1 baris hingga piramid 5 baris. Kemudian dibagikanlah LAS yang dijadikan model dalam menjembatani siswa ketika proses matematisasi progresif yang merupakan karakteristik kedua, di sini mereka mulai menghitung jumlah cup dengan baris yang lebih banyak sesuai arahan dalam LAS.

Karakteristik ketiga yaitu pemanfaatan hasil konstruksi siswa, dimana ini dilakukan dengan memberikan siswa peluang dalam menyelesaikan permasalahan baru dengan strategi mereka sendiri. Hal ini sesuai dengan prinsip *guided reinvention* yang berarti memberikan peluang pada siswa dalam menemukan kembali konsep matematika ketika dihadapkan dengan masalah kontekstual secara langsung. Selain itu, diterapkan juga prinsip *didactical phenomenology* dimana siswa secara terarah mulai memodelkan permasalahan sambil dibantu bagi yang kesulitan dalam memodelkan. Sehingga sesuai dengan prinsip *self developed models* yang akan memunculkan beragam ide dalam menyelesaikan masalah. Siswa diberikan soal dengan konteks yang sama untuk diselesaikan dengan caranya sendiri. Sementara karakteristik keempat harus terintegrasi dalam keseluruhan tahapan pembelajaran yakni adanya interaktivitas baik antar siswa maupaun dengan guru. Ini dapat berupa diskusi antar siswa dalam menyampaikan idenya maupun dengan memberikan kesempatan bagi siswa untuk menyampaikan strategi yang dipakainya dalam menyelesaikan permasalahan yang membuat kegiatan pembelajaran menjadi proses sosial bukan individu. Karakteristik terakhir yaitu keterkaitan dalam struktur dan konsep matematika yang digunakan agar saling terkait sehingga dapat mendukung terjadinya pembelajaran yang lebih bermakna. Keterikatan ini disajikan dalam bentuk LAS, media yang disajikan dan pemberian petunjuk oleh guru yang harus dengan konsep yang terikat agar siswa terbantu untuk memahami materi dan dalam menghubungkannya ke kehidupan nyata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan di SMP Negeri 1 Nibung Hangus di semester ganjil tahun ajaran 2024/2025. Penelitian ini dilakukan bertujuan mengetahui pengaruh pendekatan matematika realistik dengan bantuan *Macromedia Flas*h dalam pembelajaran terhadap kemampuan koneksi matematis siswa kelas VIII dengan mengambil du akelas sebagai kelas sampel yaitu kelas VIII-1 menjadi kelas Eksperimen dan kelas VIII-2 menjadi kelas Kontrol. Sejumlah 28 siswa berada di masing-masing kelas. Sehingga jumlah total sampel adalah 56 siswa. Dalam penelitian ini, kelas eksperimen diberi pembelajaran dengan pendekatan matematika realistik dengan bantuan *Macromedia Flash* sementara kelas kontrol diberi pembelajaran konvensional.

Ada dua tes yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu tes kemampuan awal atau pretest dan tes kemampuan koneksi matematis siswa atau posttest. pretest dilakukan sebelum diberikan perlakuan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pada kedua kelas sementara posttest dilakukan setelah kedua kelas diberikan perlakuan. *Pretest* dan *posttest* diberikan kepada siswa setelah divalidasi ke ahli yaitu dua dosen dan satu tenaga pendidik di sekolah terlebih dahulu. Penghitungan data hasil tes dilakukan dengan menggunakan Ms. Excel. Berikut data hasil kedua tes kemampuan koneksi matematis di kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Tabel 1. Data Kemampuan Koneksi Matematis Siswa

Statistik Deskriptif	Eksperimen		Kontrol	
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest
Rata-rata	63,78	85,02	63,19	75,29
Standar deviasi	20,36	13,9	19,3	17,63
Varians	414,65	192	372,44	311,12

Dari nilai rata-rata pretest tersebut bisa dilihat bahwa kemampuan awal kedua kelas tidak terlalu berbeda yakni di kelas eksperimen yaitu 63,789 dan di kelas kontrol 63,19. Dilihat dari segi varians data kelas eksperimen lebih bervariasi dibandingkan di kelas kontrol. Sementara itu pada nilai posttest yakni setelah kedua kelas diberi perlakuan yang berbeda dapat ditemukan perbedaan rata-rata pada kedua kelas tersebut. Rata-rata hitung nilai kemampuan koneksi matematis siswa di kelas eksperimen adalah 85,02 dan di kelas kontrol 75,29. Varians kelas eksperimen senilai 192 dengan standar deviasi senilai 13,9. Varians kelas kontrol sebesar 311,12 dan standar deviasi sebesar 17,63. Sehingga dapat dilihat bahwasanya rata-rata kelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol dan data pada kelas kontrol lebih bervariasi dibanding kelas eksperimen.

Data yang telah didapat tersebut kemudian dilakukan uji normalitas untuk melihat apakah data tersebut berasal dari populasi berdistribusi normal atau tidak. Pengujian normalitas data yang dipilih adalah uji liliefors dengan taraf signifikansi 0,05. Dengan membandingkan L_{tabel} = 0,161 dan L_0 = 0,091 untuk kelas eksperimen dan L_0 = 0,092 untuk kelas kontrol maka kedua data berdistribusi normal. Untuk uji homogenitas diperoleh F_{hitung} = 1,113 dan F_{tabel} = 1, 904, dimana hasil ini menunjukkan $F_{hitung} < F_{tabel}$, sehingga data homogen. Setelah dilakukan kedua uji tersebut dan didapatkan hasil bahwa kedua kelas berdistribusi normal dan homogen. Selanjutnya dilakukanlah pengujian hipotesis dengan uji t untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh pendekatan matematika realistik yang diterapkan dengan *macromedia flash* terhadap kemampuan koneksi matematis siswa. Hipotesis yang diuji yaitu; (1) $H_0: \mu_1 \leq \mu_2$, dimana siswa yang diberi pembelajaran dengan Pendekatan Matematika Realistik berbantuan *Macromedia Flash* memiliki kemampuan koneksi matematis tidak lebih baik dari siswa yang diberi pembelajaran konvensional; dan (2) $H_a: \mu_1 > \mu_2$ dimana siswa yang diberi pembelajaran dengan Pendekatan Matematika Realistik berbantuan *Macromedia Flash* mempunyai kemampuan koneksi matematis lebih baik daripada siswa yang diberi pembelajaran konvensional. Dari kriteria dan hasil penghitungan, dapat dilihat bahwa $t_{hitung} = 2{,}29$ dan $t_{tabel} = 1{,}67$. Sehingga H_0 ditolak serta H_a diterima. Sehingga diartikan bahwasanya ada pengaruh yang positif pada kemampuan koneksi matematis siswa yang diberi pembelajaran dengan pendekatan matematika realistik berbantuan *Macromedia Flash*.

Penelitian ini dilakukan di SMP Negeri 1 Nibung Hangus di tahun ajaran 2024/2025. Populasi di penelitian ini yaitu siswa kelas VIII di SMP Negeri 1 Nibung Hangus yang terdiri atas 6 rombel. Sementara sampel yang dipilih untuk mewakili populasi adalah kelas VIII-1 berperan menjadi kelas eksperimen dan kelas VIII-1 berperan menjadi kelas kontrol. Lalu diberikan *pretest* untuk menentukan kemamuan awal siswa di kedua kelas tersebut. Berdasarkan hasil *pretest* didapat hasil bahwa rerata kelas eksperimen yakni 63,789 dan rerata kelas kontrol 63,19. Selain itu data *pretest* kedua kelas juga berdistribusi normal dan bersifat homogen, sehingga ditemukan bahwasanya kemampuan awal siswa dari kedua kelas tersebut cenderung sama atau tidak terlalu berbeda.

Kelas eksperimen diberikan pembelajaran dengan pendekatan matematika realistik berbantuan Macromedia Flash dan kelas kontrol diberikan perlakuan dengan pembelajaran konvensional. Pokok materi yang akan diajarkan yakni pola bilangan. Selanjutnya sesudah diberikan perlakuan yang berbeda tersebut kepada kedua kelas maka akan dilakukan kembali pengujian kemampuan koneksi matematis siswa (*posttest)* untuk selanjutnya dianalisis datanya. Uji hipotesis yang dilaksanakan dengan mempergunakan uji t dapat ditarik kesimpulan bahwasanya rerata kemampuan koneksi matematis siswa pada kelas eksperimen yakni yang diajar dengan pendekatan matematika realistik dengan bantuan *Macromedia Flash* lebih tinggi dari rerata kemampuan koneksi matematis siswa yang diajar dengan pembelajaran konvensional. Ini berarti bahwasanya ada pengaruh positif dari pendekatan matematika realistik berbantuan *macromedia flash* terhadap kemampuan koneksi matematis siswa. Tes kemampuan koneksi matematis yang meliputi tiga soal yang mencakup ketiga indikator menunjukkan bahwa rerata nilai di kelas eksperimen yakni 85,02, sementara rerata nilai di kelas kontrol yakni 75,298.

Ini bisa terjadi sebab siswa di kelas eksperimen belajar dengan pendekatan matematika realistik yang membantu mereka dalam mengkoneksikan matematika dengan kehidupan sehari-hari, penggunaan media yang membantu dalam mengenalkan konteks dan memahami konsep, serta interaksi yang dibangun dalam proses pembelajaran. Dimana melalui pembelajaran yang dipakai, siswa diberi peluang untuk belajar matematika melalui peristiwa atau keadaan yang terjadi di kehidupan sehari-hari mereka. Di awal pembelajaran siswa diberi materi yang disampaikan melalui *Macromedia Flash* lalu diberikan LAS yang berbasis pendekatan matematika realistik yang memberikan mereka contoh masalah sehari-hari yang relevan dengan materi yang telah dipelajari. Pada kegiatan ini guru diberi peluang pada siswa agar berdiskusi bersama teman di kelompoknya untuk menyelesaikan permasalahan dalam LAS. Tentunya pendidik akan memberikan bimbingan untuk memahami konteks yang disajikan serta membantu siswa untuk memodelkan permasalahan ke bentuk matematika.

Hal ini sesuai dengan pendapat Suwangsih & Misel (2016) mengatakan bahwa pendekatan matematika realistik berasal dari permasalahan sehari-hari, siswa aktif berperan pada pembelajaran, dan guru hanya menjadi fasilitator, siswa bebas dalam berbagi, serta mengkomunikasikan ide-idenya. Sehingga dengan pembelajaran tersebut siswa jadi lebih leluasa mengkonstruksi pengetahuan berdasarkan pengalaman sehari-harinya. Sebab dalam aktifitas pembelajaran yang disajikan selalu berangkat dari keadaan yang benar-benar terjadi dalam kehidupan sehari-hari siswa. Hal ini selaras dengan sintaks yang digunakan dalam pendekatan matematika realistik untuk pembelajaran, yang melibatkan pemahaman masalah kontekstual (sehari-hari), menjelaskan masalah kontekstual (sehari-hari), menyelesaikan masalah kontekstual (sehari-hari), membandingkan dan mendiskusikan jawaban, dan menarik kesimpulan.

Pendekatan matematika realistik ini dibantu disajikan dengan aplikasi pembuat media pembelajaran *Macromedia Flash*. Aplikasi ini sendiri dapat membantu siswa untuk lebih tertarik dengan pembelajaran. Menggunakan aplikasi ini dalam menyampaikan materi membuat siswa lebih mudah dalam memahami apa yang menjadi teori dalam materi dan lebih semangat dalam belajar. Karena penyajian dengan *Macromedia Flash* bisa membuat siswa lebih paham dengan penggambaran melalui fitur-fitur yang lengkap seperti bisa menyimpan grafik, animasi, video dan audio di platform digital (Wahyuni et al., 2019).

Selain itu pendekatan matematika realistik memiliki karakteristik yaitu interaktivitas dan keterkaitan, ini sangat cocok untuk menaikkan kemampuan koneksi matematis siswa yang menjadi

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

akibat dari pembelajaran matematika realistik yang dilakukan. Siswa dituntut untuk berdiskusi serta menyampaikan pendapatnya sehingga memudahkan dalam proses mengkoneksikan konsep matematis. Dimana koneksi matematis yang dimaksud yakni hubungan antara konsep di dalam matematika ataupun kaitan konsep diluar matematika, yakni matematika dengan bidang lain seperti bidang studi lain atau kehidupan sehari-hari (Siagian, 2016).

Maka itu, argumen ini sesuai dengan pendapat Van den Heuvel-Panhuizen (dalam Saefudin, 2012) bahwa matematika ialah aktifitas manusia dan kaitan dengan kehidupan nyata yang disebut spesial. Sehingga untuk dapat mempunyai kemampuan koneksi matematis yang baik siswa perlu belajar dengan pendekatan yang dihubungkan dengan realitas kehidupan nyata itu. Maka sejalanlah hasil uji analisis data yang diterapkan di penelitian ini dengan teori yang dipaparkan para ahli yang merumuskan bahwasanya ada pengaruh pendekatan matematika realistik dengan bantuan *Macromedia Flash* terhadap kemampuan koneksi matematis siswa.

Temuan penelitian ini juga seperti penelitian terdahulu yang memiliki fokus penelitian yang sama. Seperti penelitian oleh (Rahmadan et al., 2020) yang mempergunakan desain penelitian *Quasi Eksperimental Design* (desain eksperimen semu) dengan berbentuk *Nonequivalent Control Group Design*. Teknik mengambil sampel yang dipilih yakni *cluster random sampling*, lalu diambil dua kelas sebagai kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hasil tes kemampuan koneksi matematis siswa menunjukkan bahwa kelas eksperimen memiliki rata-rata skor 34,37 dengan simpangan baku 31,26 sementara kelas kontrol mempunyai rata-rata skor 23,21 dengan simpangan baku 22,10. Menggunakan metode penelitian yang mirip didapat temuan yang sama dengan penelitian yang sekarang dilakukan yakni dengan data yang telah berdistribusi normal dan homogen, perhitungan hipotesis statistik mempergunakan uji-t diperoleh (t_{hitung} = 6,9050 > 1,6700 = t_{tabel}). Sehingga ini menyebabkan H_0 ditolak yang artinya ada pengaruh pendekatan matematika realistik terhadap kemampuan oneksi matematis siswa. Penelitian ini juga menghitung seberapa besar pengaruhnya dengan uji Effect Size, hingga diperoleh nilainya sebesar 1,3950 yang cenderung tinggi.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh pendekatan matematika realistik berbantuan macromedia flash terhadap kemampuan koneksi matematis siswa kelas VIII SMP Negeri 1 Nibung Hangus. Hal ini dilihat dari hasil perhitungan statistik yang menunjukkan bahwa rata-rata kemampuan koneksi matematis kelas eksperimen yang diajar dengan pendekatan matematika realistik berbantuan *macromedia flash* yakni 85,02 dengan standar deviasi 13,9. Sementara pada kelas kontrol yang diajar dengan pembelajaran konvensional rata-rata kemampuan koneksi matematis siswa yaitu 75,29 dan standar deviasinya ialah 17,63. Sementara ketika dilihat dari uji hipotesis yang dilakukan dengan uji t yang menunjukkan bahwa $t_{hitung} = 2{,}29\ dan\ t_{tabel} = 1{,}67$. Sehingga H_0 ditolak serta H_a diterima. Sehingga diartikan bahwasanya ada pengaruh yang positif pada kemampuan koneksi matematis siswa yang diberi pembelajaran dengan pendekatan matematika realistik berbantuan *Macromedia Flash*. Sehingga Pendekatan Matematika berbantuan Macromedia Flash dapat menjadi rekomendasi dalam meningkatkan kemampuan koneksi matematis siswa, dan disarankan untuk mengkolaborasikan penggunaan Macromedia Flash dengan media lain yang akan membuat visualisasi lebih nyata dan lebih menarik minat siswa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada kepala sekolah, guru, siswa serta staff SMP Negeri 1 Nibung Hangus atas izin yang diberikan sehingga dapat melaksanakan penelitian. Terimakasih pula penulis ucapkan kepada Universitas Negeri Medan dan seluruh staff atas kesempatan serta publikasi penelitian yang dilakukan oleh penulis.

DAFTAR PUSTAKA

Dalti, Y., & Kurniati, A. (2020). Penerapan Pendekatan Realistic Mathematics Education (RME) Terhadap Kemampuan Koneksi Matematis Berdasarkan Adversity Quotient (Daya Juang) Siswa SMP. *Juring (Jurnal for Research in Mathematics Learning)*, *3*(2), 159–168.

Haji, S., & Abdullah, M. I. (2016). Peningkatan kemampuan komunikasi matematik melalui pembelajaran matematika realistik. *Jurnal Ilmiah Program Studi Matematika STKIP Siliwangi Bandung*, *5*(1), 42–49.

Kenedi, A. K., Helsa, Y., Ariani, Y., Zainil, M., & Hendri, S. (2019). Mathematical Connection Of Elementary School Students To Solve Mathematical Problems. *Journal on Mathematics Education*, *10*(1), 69–80.

Masykur, R., Nofrizal, & Syazali, M. (2017). Pengembangan Media Pembelajaran Matematika dengan Macromedia Flash. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, *8*(2), 177–186.

Minarni, A., Napitupulu, E., Lubis, S. D., & Annajmi. (2020). *Kemampuan Berpikir Matematis dan Aspek Afektif Siswa*. Harapan Cerdas.

NCTM. (2000). *Principles and Standarts for School Mathematics*. NCTM.

Rahmadan, B. I., Sessu, A., & Faradillah, A. (2020). Pengaruh Pendekatan Matematika Realistik Indonesia (PMR) terhadap Kemampuan Koneksi Matematis Siswa pada Materi Bilangan. *JRPMS (Jurnal Riset Pembelajaran Matematika Sekolah)*, *4*(1), 37–43.

Saefudin, A. A. (2012). Pengembangan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Dalam Pembelajaran dengan Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik Indonesia (PMRI). *Al-Bidayah*, *4*(1), 37–48.

Siagian, M. D. (2016). Kemampuan Koneksi Matematik dalam Pembelajaran Matematika. *MES (Journal of Mathematic Education and Science)*, *2*(1).

Susanti, Y., Friansah, D., & Elly S, A. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Realistic Mathematics Education Menggunakan Aplikasi Macromedia Flash Pada Materi SPLDV. *Indiktika : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika*, *3*(1), 60–70.

Suwangsih, E., & Misel. (2016). Penerapan Pendekatan Matematika Realistik Untuk Meningkatkan Kemampuan Representasi Matematis Siswa. *Metodi DIdaktik*, *10*(2), 27–36.

Wahyuni, D., Masykur, R., & Dinda, D. (2019). Pengembangan Multimedia Pembelajaran Matematika dengan Pendekatan Matematika Realistik. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, *8*(1), 32–40.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Maksimasi Keuntungan Dari Penjualan Freenchies Tahu.Go Outlet Tempuling Dengan Menggunakan Linear Programming Metode Simpleks dan Aplikasi Operational Research

Gita Helena Tarigan[1*], Imelda Putri[2], Imel Simanungkalit[3], Iren Dwi Adinda Sitepu[4], Siti Khafifah[5], Stephani Theresa Vania Tampubolon[6], Stevania Sri Debbye Br Simbolon[7]

[1,2,3,4,5,6,7]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*

Coresponding Author: gitahelenatarigan@gmail.com*

Abstrak, Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan keuntungan penjualan di outlet franchise Tahu.GO yang berlokasi di Jl. Tempuling, Medan Tembung, dengan menggunakan metode pemrograman linear, khususnya metode simpleks. Outlet ini menghadapi tantangan dalam memenuhi permintaan konsumen dengan batasan bahan baku dan kapasitas produksi yang telah ditentukan oleh pusat. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk membantu pengelola franchise menentukan strategi produksi yang efisien guna meningkatkan profitabilitas tanpa melanggar batasan yang ada. Metode penelitian yang digunakan mencakup pengumpulan data primer melalui observasi dan wawancara serta data sekunder dari literatur terkait. Analisis data dilakukan secara manual dan diperkuat dengan perangkat lunak Operational Research. Proses iterasi dilakukan sebanyak dua kali hingga mencapai solusi optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi produksi optimal dicapai dengan memproduksi 10 paket tahu isi 5, sementara varian lainnya tidak diproduksi. Keuntungan maksimum yang diperoleh adalah sebesar Rp. 25.000,00 dan penggunaan aplikasi Operational Research membantu proses perhitungan menjadi lebih cepat, akurat, dan efisien. Metode ini dapat diterapkan di outlet lain dengan kondisi serupa untuk meningkatkan efisiensi produksi dan profitabilitas. Penelitian ini menegaskan bahwa metode simpleks efektif dalam optimasi produksi franchise kecil dan membuktikan bahwa metode simpleks yang dikombinasikan dengan perangkat lunak berbasis riset operasional dapat menjadi alat strategis dalam perencanaan produksi, membantu pengelola franchise mengalokasikan sumber daya secara lebih optimal dan meningkatkan keuntungan secara berkelanjutan.

Kata kunci: Metode simpleks; Pemrograman linear; Maksimasi keuntungan

Abstract, *This study aims to optimize sales profits at the Tahu.GO franchise outlet located on Jl. Tempuling, Medan Tembung, using linear programming methods, particularly the simplex method. This outlet faces challenges in meeting consumer demand due to limitations on raw materials and production capacity set by the central management. Therefore, this study is important to help franchise managers determine an efficient production strategy to increase profitability without exceeding the existing limitations. The research methodology includes collecting primary data through observations and interviews, as well as secondary data from relevant literature. Data analysis was conducted manually and reinforced using Operational Research software. The iteration process was carried out twice to reach the optimal solution. The study results indicate that the optimal production combination is achieved by producing 10 packages of 5-packed tofu, while other variants are not produced. The maximum profit obtained is Rp. 25,000.00, and the use of Operational Research software helps make calculations faster, more accurate, and more efficient. This method can be applied to other outlets with similar conditions to improve production efficiency and profitability. This study confirms that the simplex method is effective in optimizing production for small franchises and demonstrates that combining the simplex method with operational research-based software can serve as a*

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

strategic tool in production planning, helping franchise managers allocate resources more optimally and increase profits sustainably.
***Keywords**: Simplex method; Linear programming; Maximize profit*

Citation: Tarigan, G. H., dkk. (2024). Maksimasi Keuntungan Dari Penjualan Freenchies Tahu.Go Outlet Tempuling Dengan Menggunakan Linear Programming Metode Simpleks Dan Aplikasi Operational Research. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 189 – 196

PENDAHULUAN

Mengoptimalkan penggunaan sumber daya menjadi faktor penting bagi bisnis untuk meraih tujuan utama, yakni mencapai keuntungan maksimal dengan efisiensi yang tinggi. Dalam dunia bisnis, terutama pada industri makanan dan minuman yang menghadapi tantangan seperti keterbatasan bahan baku, tenaga kerja, serta kapasitas produksi, perencanaan yang baik menjadi kunci dalam menjaga keberlanjutan usaha. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mencapai efisiensi ini adalah program linear. Menurut Ruminta (2014:327), "Pemrograman Linier (PL) adalah metode optimasi untuk menemukan nilai optimal dari fungsi tujuan linier pada kondisi pembatasan tertentu". Pembatasan-pembatasan tersebut biasanya mencakup keterbatasan sumber daya seperti bahan mentah, modal, waktu, dan tenaga kerja. Dengan metode ini, perusahaan dapat menentukan ukuran atau jumlah produksi secara tepat untuk menyeimbangkan efisiensi operasional dengan keuntungan yang diinginkan.

Salah satu teknik yang umum digunakan dalam penyelesaian program linear adalah metode simpleks, yang memungkinkan pengambilan keputusan melalui proses berulang untuk mencapai nilai optimal, terutama bila terdapat lebih dari satu variabel keputusan (Budiasih, 2018). Sejumlah penelitian menunjukkan efektivitas metode simpleks dalam meningkatkan keuntungan dan efisiensi, khususnya pada usaha kecil dan menengah. Misalnya, Supriyanto Rumetna, dkk. (2022) melaporkan bahwa penerapan metode simpleks dalam program linear dapat meningkatkan keuntungan UKM dengan memperhatikan kendala sumber daya yang ada, membantu usaha kecil menetapkan jumlah produksi optimal sebagai solusi strategis berbasis data. Penelitian lain oleh Lalang, dkk. (2020) juga menyoroti kemampuan metode simpleks untuk menyelesaikan masalah optimasi yang melibatkan beberapa variabel, yang memudahkan pelaku usaha dalam menentukan kombinasi variabel yang paling menguntungkan dalam proses produksi. Meski penelitian sebelumnya banyak mengulas penerapan metode simpleks dalam produksi UKM, Namun, studi tentang penerapan metode ini dalam konteks bisnis franchise kuliner, khususnya pada Tahu.GO, masih sangat terbatas.

Tahu.GO merupakan franchise yang dikenal dengan produk tahu goreng dalam berbagai ukuran porsi, memiliki keterbatasan yang ditetapkan pusat, baik dalam hal bahan baku, tenaga kerja, maupun kapasitas produksi harian. Salah satu outletnya di Jl. Tempuling, Medan Tembung, menghadapi tantangan untuk mengoptimalkan keuntungan di tengah keterbatasan tersebut. Oleh karena itu, diperlukan strategi produksi yang berbasis data untuk menentukan jumlah produksi yang paling menguntungkan, tanpa melanggar batasan bahan baku yang tersedia.

Penelitian ini menghadirkan sebuah kebaruan dan inovasi terletak pada penerapan metode simpleks sebagai instrumen optimasi produksi dalam skenario bisnis waralaba berbasis kendala sumber daya. Dengan menggabungkan metode simpleks dan teknologi digital, penelitian ini mengembangkan pendekatan berbasis data yang tidak hanya meningkatkan efisiensi keputusan produksi, tetapi juga mempercepat proses pengambilan keputusan strategis. Dalam studi ini, metode simpleks tidak hanya diterapkan untuk menentukan kombinasi produksi yang optimal tetapi juga divalidasi melalui aplikasi Operational Research, guna meningkatkan presisi serta keandalan hasil

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

perhitungan. Pendekatan ini dirancang untuk memungkinkan pemilik waralaba mengimplementasikan strategi manajemen produksi yang berbasis analisis kuantitatif, sehingga mendukung pencapaian efisiensi operasional yang lebih besar.

Metode simpleks berperan sebagai alat optimasi produksi dalam bisnis waralaba dengan keterbatasan sumber daya. Dalam studi kasus ini, metode simpleks diterapkan untuk menentukan jumlah produksi optimal berbagai ukuran tahu goreng di Tahu.GO, dengan mempertimbangkan keterbatasan bahan baku dan kapasitas produksi harian. Penerapan ini membuktikan bahwa metode simpleks dapat mengurangi pemborosan bahan baku serta meningkatkan efisiensi biaya produksi dibandingkan metode lain, seperti metode grafik yang hanya dapat menangani dua variabel keputusan. Validasi dengan Operational Research Software semakin menegaskan efektivitas metode ini dalam dunia nyata.

Hipotesis utama dalam penelitian ini adalah Metode simpleks memiliki tingkat efektivitas yang lebih tinggi dalam mengoptimalkan keuntungan franchise Tahu.GO dibandingkan metode optimasi lainnya, karena kemampuannya dalam menangani multipel variabel keputusan secara simultan, bekerja dalam batasan produksi yang rigid, serta memungkinkan integrasi dengan teknologi komputasional untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam pengambilan keputusan operasional. Berdasarkan hipotesis tersebut, penelitian ini berupaya menjawab permasalahan utama terkait efektivitas metode simpleks dalam konteks optimasi bisnis waralaba.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoretis dan praktis dalam optimasi produksi bisnis franchise. Selain membuktikan efektivitas metode simpleks dalam menentukan strategi produksi optimal, penelitian ini juga menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi berbasis digital dapat meningkatkan efisiensi dan menyederhanakan proses optimasi. Implikasi praktis dari penelitian ini adalah bahwa pemilik franchise dapat memanfaatkan metode ini untuk meningkatkan keuntungan secara lebih konsisten dengan pengelolaan sumber daya yang lebih baik.

METODE PENELITIAN

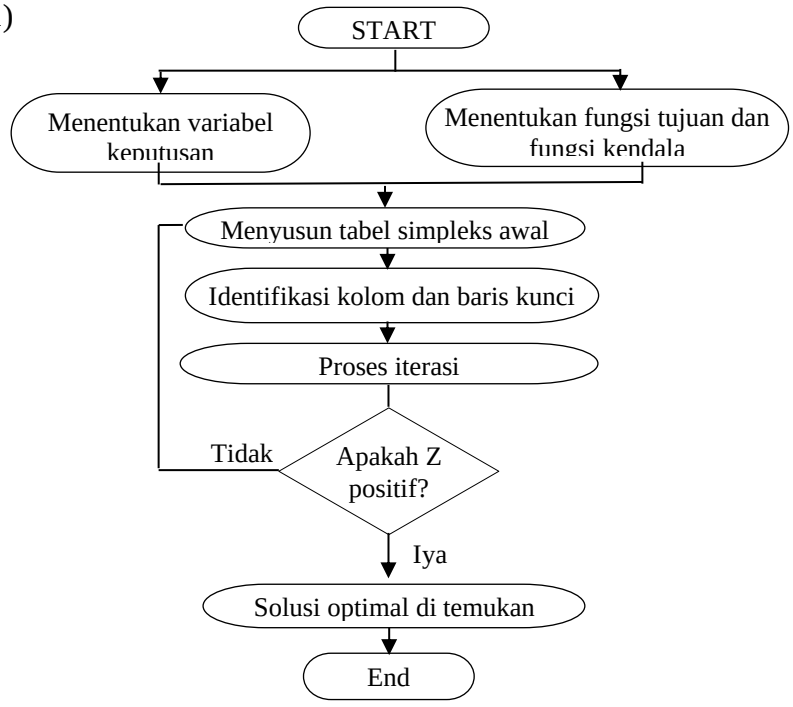
Penelitian ini dilakukan di outlet *franchise* Tahu.Go yang terletak di Jl. Tempuling, Kecamatan Medan Tembung, Kota Medan pada hari Selasa, 29 Oktober 2024 Pukul 14.00 WIB. Pemilihan narasumber menggunakan pendekatan purposive sampling, yaitu narasumber dipilih berdasarkan kepada karakteristik tertentu yang telah dianggap relevan karakteristik yang diperlukan untukmenjawab berbagai pertanyaan yang diberikan kepada populasi yang jelas karakteristiknya sebelumnya (Rofiudin dkk, 2022). Terdapat dua karyawan outlet Tahu.Go untuk diwawancarai yang memiliki pengetahuan terkait dan pemahaman secara langsung tentang operasional dan dinamika harian di lokasi penelitian.

Pengumpulan data dalam penelitian ini terbagi atas; data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di outlet serta wawancara dengan dua karyawan yang memahami operasional bisnis dan pola produksi. Observasi adalah teknik pengumpulan data di mana peneliti langsung turun ke lapangan untuk mengamati fenomena tentang kelembagaan yang diteliti, kemudian menganalisis dan menggambarkan masalah-masalah yang dikaitkan dengan teknik pengumpulan yang lain, dan juga menghubungkan temuan hasil penelitian dengan teori dan penemuan sebelumnya (Sahir, 2022). Wawancara adalah percakapan tanya jawab yang dilaksanakan oleh dua orang atau lebih, orang yang satu adalah pewawancara yang lainnya adalah terwawancara (Herdayati & Syahrial, 2019). Sementara itu, data sekunder dikumpulkan dari literatur terkait pemrograman linear, metode Simpleks, serta aplikasi *Operational Research*.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Data dianalisis secara kualitatif untuk memperoleh pemahaman yang mendalam. Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif untuk melakukan penjelasan variabel-variabel penelitian, terutama dalam menentukan variabel keputusan dan merumuskan fungsi tujuan beserta kendala yang ada. Metode analisis yang digunakan yaitu *linear programming* dengan metode simpleks. Data yang diperoleh berupa data nominal dan digunakan untuk pembangunan model optimalisasi keuntungan bagi franchise Tahu.Go (Salsabilah Daryani dkk , 2023).

Model matematis disusun berdasarkan hasil wawancara dan observasi. Langkah-langkah yang dilakukan meliputi penentuan variabel keputusan yang mencerminkan jumlah produksi optimal, perumusan fungsi tujuan untuk memaksimalkan keuntungan, penentuan fungsi kendala berdasarkan keterbatasan bahan baku dan kapasitas produksi, serta penyusunan tabel Simpleks dan iterasi hingga diperoleh solusi optimal. Validasi model dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan manual metode Simpleks dengan hasil dari perangkat lunak *Operational Research*. Jika hasil keduanya sesuai, model dianggap akurat dan dapat diandalkan untuk optimasi produksi. Aplikasi *Operational Research* digunakan untuk mempercepat dan mempermudah perhitungan metode Simpleks, memastikan solusi optimal ditemukan dengan efisien, serta memverifikasi hasil perhitungan manual. Dengan memanfaatkan perangkat lunak ini, kesalahan dalam iterasi dapat diminimalkan, sehingga proses optimasi menjadi lebih cepat dan akurat. Langkah-langkah penyelesaian model matematika dimulai dengan menentukan variabel keputusan serta fungsi tujuan yang dirumuskan dalam bentuk matematis. Selanjutnya, fungsi kendala dicari dan dinyatakan dalam model matematika. Setelah itu, persamaan model disusun dalam tabel sederhana, dengan menentukan kolom dan baris kunci serta angka kunci. Proses iterasi dilakukan dengan membagi nilai baris kunci menggunakan angka kunci, kemudian memperbarui nilai dalam tabel untuk menghindari angka negatif. Iterasi dilanjutkan hingga tidak ada lagi koefisien negatif dalam fungsi tujuan, menandakan solusi optimal telah ditemukan. Proses perhitungan solusi dengan metode simpleks diselesaikan secara iteratif hingga diperoleh hasil yang optimal. Oleh karena itu, penting untuk menggunakan aplikasi yang mendukung perhitungan dengan metode simpleks, khususnya aplikasi riset operasional (Susanti, 2021)



Gambar 1. Diagram Alur Metode Simpleks

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Seluruh data yang terkumpul akan dimasukan ke dalam pemodelan matematis. Untuk data kendala, jenis produk, dan keuntungan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Data – data yang telah dikumpulkan akan diformulasikan kedalam bentuk fungsi tujuan maupun fungsi kendala dan akan di susun dalam tabel simpleks. Dalam penelitian ini, yang menjadi variabel keputusan,; (1) X_1: Jumlah Tahu Isi 5 pcs; (2) X_2: Jumlah Tahu isi 10 pcs; dan (3) X_3: Jumlah Tahu isi 20 pcs. Koefisien dalam fungsi tujuan mencerminkan keuntungan yang diperoleh dari penjualan masing-masing kemasan produk keripik oleh perusahaan, dimana fungsi tujuan: $2.500X_1 + 3000X_2 + 4000X_3 = 0$. Sedangkan untuk fungsi kendala; minyak makan: $200X_1 + 400X_2 + 800X_3 \leq 2000$; tahu: $5X_1 + 10X_2 + 20X_3 \leq 500$; bumbu racikan: $50X_1 + 100X_2 + 200X_3 \leq 5000$; dan $X_1, X_2, X_3 \geq 0$.

Table 1. Kebutuhan Bahan Baku Satu Kali Produksi

Bahan Baku	Produk			Jumlah/isian	Stok tersedia
	Tahu isi 5	Tahu isi 10	Tahu isi 20		
Minyak Makan	200ml	400ml	800ml	1 porsi	2000 ml
Tahu	5 pcs	10 pcs	20 pcs	1 porsi	500 pcs
Bumbu Racikan	50 gram	100 gram	200 gram	1 porsi	5000 gram

Table 2. Keuntungan Satu Kali Produksi

No	Uraian	Produk		
		Tahu isi 5	Tahu isi 10	Tahu isi 20
1	Biaya Produksi	Rp. 8.000,00	Rp. 16.000,00	Rp. 32.000,00
2	Keuntungan	Rp. 2.500,00	Rp. 3.000,00	Rp. 4.000,00
3	Pendapatan	Rp. 10.500,00	Rp. 19.000,00	Rp.36.000,00

Nilai koefisien pada persamaan fungsi kendala dan fungsi tujuan akan dimasukan kedalam tabel simpleks. Setelah data dalam bentuk metode simpleks pada iterasi 0, maka perhitungan dapat dilakukan menggunakan tabel simpleks. Pada iterasi 2 diperoleh tabel 4, tabel tersebut sudah optimal karena baris Z tidak lagi ada yang bernilai negatif, sehingga perhitungan iterasi dihentikan. Dari hasil perhitungan metode simpleks menghasilkan nilai maksimum atau keuntungan maksimum Z = 25000 pada saat $X_1 = 10$, $X_2 = 0$, $X_3 = 0$ artinya keuntungan maksimum yang dapat diraih ialah sebesar Rp. 25.000,00.

Table 3. Iterasi 0

Basis	**X_1**	**X_2**	**X_3**	**S_1**	**S_2**	**S_3**	**NK**
Z	-2500	-3000	-4000	0	0	0	0
S_1	200	400	800	1	0	0	2000
S_2	5	10	20	0	1	0	500
S_3	50	100	200	0	0	1	5000

Dalam penelitian ini ditemukan hanya X_1 saja yang bernilai ini terjadi karena keuntungan terbesar terjadi pada penjualan X_1 terjadi sedangkan saat penjualan X_2 dan X_3 keuntungan yang diraih tidak melebihi penjualan X_1. Untuk itu, demi mendapatkan keuntungan maksimum Freanchies Tahu GO harus menjual tahu yang berisi 5 pcs sebanyak 10 kantong/ bungkus.

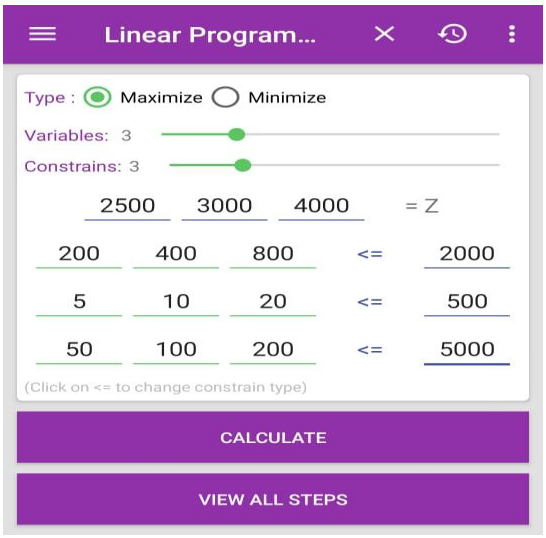
Table 4. Hasil Iterasi 2

Basis	**X_1**	**X_2**	**X_3**	**S_1**	**S_2**	**S_3**	**NK**
Z	0	2000	6000	12,5	0	0	25000
X_1	1	2	4	0,005	0	0	10
S_2	0	0	0	-0,025	1	0	450
S_3	0	0	0	-0,25	0	0	4500

Selanjutnya hasil perhitungan ini akan diuji lagi dengan menggunakan aplikasi *Operational Resources* untuk melihat tingkat akurasi perhitungan. Data yang digunakan adalah data yang sama terdapat pada Tabel 3. Berikut langkah – langkah dari pemecahan persoalan linear programming dengan menggunakan aplikasi *Operational Resources*; (1) saat aplikasi terbuka; (2) pilih menu *Linear*

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Programming; (3) memilih *Type* optimum dan jumlah variabel; (4) input data; (5) *calculate*. Input data pada *linear programming* seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Tampilan setelah data dimasukkan

Hasil pengujian perhitungan menggunakan aplikasi *Operational Resources* menunjukkan hasil yang sama dengan hasil perhitungan manual menggunakan metode Simpleks yaitu keuntungan sebesar Rp.25.000,00. Dan keuntungan sebesar itu diperoleh saat $X_1 = 10$ sedangkan $X_2 = 0$ dan $X_3 = 0$. Dengan demikian, maka dipastikan bahwa hasil perhitungan manual dan hasil pengujian menggunakan aplikasi *Operational Resources* dapat menjadi patokan bagi penjual Tahu GO dalam menentukan keuntungan maksimal dari hasil penjualan Tahu GO setiap harinya.

Metode simpleks digunakan untuk mencari solusi terbaik dalam optimasi produksi dan telah dibandingkan dengan metode lain seperti metode grafik dan algoritma *branch and bound*. Metode grafik hanya bisa digunakan jika variabel keputusan berjumlah dua, sehingga kurang cocok untuk masalah produksi yang lebih kompleks. Sementara itu, algoritma *branch and bound* lebih cocok untuk masalah yang melibatkan bilangan bulat, tetapi perhitungannya lebih rumit dan memakan waktu lebih lama dibandingkan metode simpleks.

Penelitian sebelumnya oleh Supriyanto Rumetna et al. (2022) membuktikan bahwa metode simpleks dapat meningkatkan keuntungan UKM dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya. Hasil serupa juga ditemukan dalam studi Lalang et al. (2020), yang menunjukkan bahwa metode simpleks membantu usaha kecil dan menengah dalam menentukan kombinasi produksi paling menguntungkan. Dengan demikian, penelitian ini semakin memperkuat bahwa metode simpleks adalah alat optimasi yang andal untuk mengelola produksi.

Dalam bisnis *franchise*, metode simpleks bermanfaat dalam perencanaan produksi, pengelolaan bahan baku, dan pengambilan keputusan berdasarkan data. Contohnya, *franchise* Tahu.GO yang bergantung pada pasokan bahan baku dari pusat dapat menggunakan metode ini untuk menentukan jumlah produksi harian yang optimal. Dengan cara ini, pengelola dapat mengurangi pemborosan bahan baku dan meningkatkan keuntungan secara lebih konsisten.

Selain itu, penelitian ini juga menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi berbasis digital dalam pengambilan keputusan operasional dapat meningkatkan efisiensi dan menyederhanakan proses optimasi produksi. *Franchise* lain dapat menerapkan metode ini untuk meningkatkan efisiensi operasional dan memperkuat daya saing mereka. Meskipun terbukti efektif, metode simpleks juga

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

memiliki keterbatasan. Salah satunya adalah kepekaan terhadap perubahan harga bahan baku. Dalam dunia nyata, harga minyak goreng, tahu, dan bumbu dapat berubah-ubah, sehingga bisa memengaruhi biaya produksi dan keuntungan yang dihitung dalam model ini. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat meneliti bagaimana perubahan harga bahan baku mempengaruhi hasil optimasi.

Selain itu, penelitian ini hanya mempertimbangkan ketersediaan bahan baku dan kapasitas produksi, tanpa memasukkan faktor lain seperti perubahan permintaan pasar, strategi pemasaran, atau persaingan harga dengan kompetitor. Ke depannya, model optimasi ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut agar dapat memberikan rekomendasi yang lebih lengkap bagi pengelola franchise.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode simpleks dapat diimplementasikan secara efektif untuk mengoptimalkan keuntungan penjualan di outlet Tahu.GO Tempuling. Dengan penerapan metode ini, kombinasi produksi optimal yang memaksimalkan keuntungan berhasil ditemukan, yaitu dengan memproduksi 10 paket tahu isi 5, yang menghasilkan keuntungan maksimum sebesar Rp. 25.000,00. Hasil perhitungan manual yang dikonfirmasi melalui perangkat lunak Operational Research memperkuat keakuratan metode ini. Hasil penelitian ini secara eksplisit menjawab pertanyaan penelitian bahwa metode simpleks terbukti efektif dalam menentukan jumlah produksi optimal dengan mempertimbangkan batasan bahan baku dan kapasitas produksi. Studi ini juga menegaskan bahwa metode simpleks dapat menjadi alat strategis bagi pengelola outlet dalam mengalokasikan sumber daya secara efisien guna mencapai profitabilitas yang optimal. Temuan ini memberikan panduan strategis bagi pengelola outlet dalam mengalokasikan sumber daya secara efisien untuk mencapai profitabilitas yang optimal. Studi ini merekomendasikan agar metode serupa diaplikasikan di outlet lain atau franchise dengan variasi produk yang lebih kompleks, guna mengeksplorasi potensi peningkatan profitabilitas di skala yang lebih luas. Selain itu, temuan ini juga memberikan informasi lanjutan bahwa teknik perhitungan keuntungan ini juga dapat dilakukan melalui aplikasi yang bernama Operational Research yang mana aplikasi ini akan memudahkan para penjual dalam menggunakan metode simpleks saat memperkirakan keuntungan optimum yang dapat diraih.

Namun, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Salah satu keterbatasan utama adalah tidak mempertimbangkan faktor fluktuasi harga bahan baku, seperti minyak goreng dan tahu, yang dapat mempengaruhi biaya produksi dan keuntungan optimal. Selain itu, penelitian ini belum memasukkan faktor eksternal seperti perubahan permintaan pasar, strategi pemasaran, atau persaingan harga dengan kompetitor, yang juga dapat mempengaruhi keputusan produksi. Pada penelitian selanjutnya, disarankan beberapa pengembangan seperti penerapan metode simpleks pada bisnis lain, analisis sensitivitas terhadap perubahan harga, dan pengaruh faktor eksternal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ingin menyampaikan apresiasi yang mendalam kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam proses penulisan artikel ini. Ucapan terima kasih khusus saya sampaikan kepada Ibu Erlinawaty Simanjuntak, S.Pd., M.Si., selaku dosen mata kuliah Program Linear, yang dengan penuh dedikasi memberikan bimbingan, ilmu, dan dukungan selama proses penulisan berlangsung. Saya juga berterima kasih kepada rekan-rekan atas masukan, kritik, dan saran yang sangat membantu dalam menyempurnakan artikel ini. Tanpa

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

kontribusi dan bantuan dari mereka, artikel ini tidak akan terselesaikan dengan baik. Semoga artikel ini bermanfaat bagi para pembaca dan dapat memberikan wawasan baru yang berguna. Terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

Budiasih, Y. (2018). Maksimalisasi Keuntungan dengan Pendekatan Metode Simpleks Kasus Pada Pabrik Sosis SM. *Jurnal Riset Akuntansi dan Manajemen, II*(1), 59-65. doi:10.32546/lq.v2i1.130

Daryani, S., Aritonang, S. S., & Panggabean, S. (2024). Optimasi Keuntungan Produksi UMKM Keripik Pisang Menggunakan Linear Programming Metode Simpleks dan Software POM-QM. *Jurnal RIset Rumpun Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (JURRIMIPA), III*(1), 69-88. doi:10.55606/jurrimipa.v3i1.2249

Herdayati, & Syahrial. (2019). Desain Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data Dalam Penelitian. *Jurnal Ilmiah, VII*(1), 1689-1699.

Lalang, D., Maro, L., & Onmay, W. T. (2020). Penggunaan Metode Simpleks Terhadap Keuntungan Hrian pada Usaha Rumah Makan Viola Batunirwala Di Kota Klabahi. *Jurnal Saintek Lahan Kering, III*(2), 29-34. doi:10.32938/slk.v3i2.1216

Rachhmatika, R. (2022). Penerapan Aplikasi Program Linear dengan Menggunakan Metode Simpleks Untuk Mendukung Kegiatan YMKM. *Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer, III*(2), 194-202.

Rofiudin, M., Shabry, M., & Juniarsa, N. (2022). Pengaruh Harga dan Fitur Layanan Trhadap Minat Beli Konsumen Tokopedia Pasca Covid 19 di Malang Raya. *Jurnal Ilmu-Ilmu Sosial, XIX*(2), 721-730.

Rumetna, M. S., Lina, T. N., Salauwe, D., Irianti, R., Buku, G. V., Walalayo, T., . . . Karepouwan, V. (2022). Implementasi Metode Simpleks Untuk Penjualan Produk UKM Pada Masa Pandemi. *Jurnal Pengkajian dan Penerapan Teknik Informatika, XV*(2), 241-252. doi:10.33322/petir.v15i2.1628

Ruminta. (2014). *Matriks Persamaan Linier dan Pemrograman Linier Edisi Revisi.* Bandung: Rekayasa Sains.

Sahir, S. H. (2022). *Metodologi Penelitian.* Jogjakarta: PENERBIT KBM INDONESIA.

Susanti, V. (2021). Optimalisasi Produksi Tahu Menggunakan Program Linear Metode Simpleks. *Jurnal Ilmiah Matematika, IX*(2), 399-406. doi:10.26740/mathunesa.v9n2.p399-406

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengembangan Hypoyhetical Learning Trajectory untuk Mendukung Pemahaman Konsep Luas Bangun Datar pada Siswa Kelas VII

Puja Kasiani[1*], Andrea Arifsyah Nasution[2]
[1,2]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
** Coresponding Author: pujakasiani18@gmail.com*

Abstrak, Pada beberapa pembelajaran ditemukan kesalahan pendidik dalam mengajarkan materi tentang bangun datar yang hanya berfokus pada rumus sehingga siswa cenderung menghafal rumus tanpa memahami konsepnya. Oleh karena itu, dilakukan penelitian pengembangan Hypothetical Learning Trajectory (HLT) untuk mengetahui bagaimana HLT mampu mendukung pemahaman konsep bangun datar siswa kelas VII. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Design Based Research (DBR) dengan tiga langkah penelitian. Langkah pertama adalah langkah persiapan dan perancangan yang dilakukan dengan merancang HLT yang akan dijadikan pedoman selama penelitian. Langkah kedua adalah eksperimen pengajaran dimana peneliti menguji HLT pada enam siswa dan menganalisis respon dan kondisi siswa, kemudian HLT direvisi sedemikian rupa sehingga HLT dianggap mampu mewakili respon dan kondisi siswa dalam memahami materi. materi dan diuji pada kelas eksperimen yang terdiri dari dua puluh lima siswa. Langkah terakhir adalah analisis retrospektif dimana HLT pada kegiatan eksperimen pengajaran dianalisis kesesuaiannya dengan respon siswa dan kondisi di kelas. Berdasarkan penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa HLT mampu mendukung pemahaman konsep luas bangun datar siswa kelas VII.
Kata kunci: Pemahaman Konsep, Bangun Datar, Realistic Mathematic Education, Penelitian Berbasis Desain, Hyphothetical Learning Trajectory

Abstract, *In several studies, it was found that educators' mistakes in teaching material about the plan figure area were focusing on formulas so that students tended to memorize formulas without understanding the concept. Therefore, a Hypothetical Learning Trajectory (HLT) development research was carried out to find out how an HLT is able to support the understanding of the concept of plan figure area in seventh grade student. This research was carried out using a Design Based Research (DBR) method with three research steps. The first step is the preparation and design step which is carried out by designing an HLT that will be used as a guide during the research. The second step was a teaching experiment where the researcher tested the HLT on six students and analyzed the students' responses and conditions, then the HLT was revised in such a way that the HLT was deemed capable of representing students' responses and conditions in understanding the material and was tested on an experimental class of twenty-five students. The final step is retrospective analysis where the HLT in the teaching experiment activity is analyzed for its suitability to the students' responses and conditions in the class. Based on this research, the results showed that HLT was able to support understanding of the concept of flat shape area in class VII students.*
Keywords*: Concept Undrestanding, Plan Figure, Realistic Mathematic Education, Design Based Research, Hyphotetical Learning Trajectory.*

Citation: Kasiani, P. & Nasution, A. A. (2024). Pembangunan Script Python untuk Menunjukkan Solusi dari Persamaan Diferensial Menggunakan Metode Extended Runge-Kutta. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 197 - 207

PENDAHULUAN

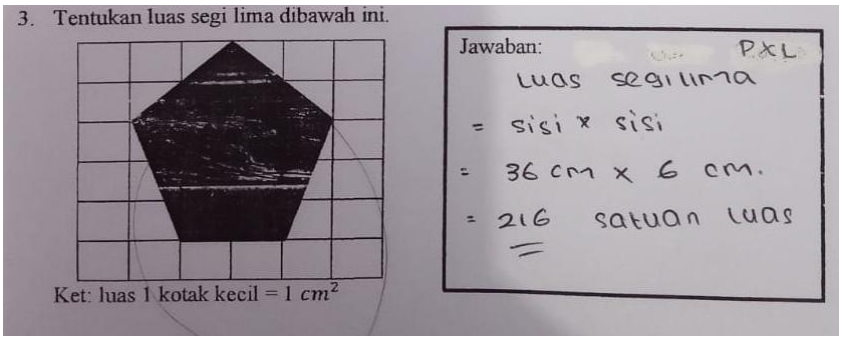
Pendapat Suherman (2003) mengatakan bahwa konsep dalam matematika merupakan sebuah ide yang bersifat abstrak dimana dapat membuat seseorang mampu mengelompokkan sebuah kejadian maupun objek dan mampu menerangkan apakah kejadian maupun objek tersebut

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

merupakan contoh ataupun bukan sebuah contoh sedangkan pemahaman konsep merupakan sebuah kemampuan penguasaan terhadap materi pembelajaran yang mana akan membuat siswa mampu menjelaskan ulang konsep menjadi bentuk yang lebih sederhana serta mampu mengaplikasikannya (Fajar et al.,2018). Listiani & Rachmawati (2022) menuliskan dalam penelitiannya bahwa berdasarkan taksonomi bloom pemahaman berada pada tingkatan C2 yaitu kemampuan membangun makna dari berbagai jenis fungsi baik secara lisan maupun tulisan. Indikator pemahaman konsep dalam hal ini adalah (1) Menjelaskan, (2) Mencontohkan, (3) Mengklasifikasikan, (4) Menafsirkan, (5) Menyimpulkan, (6) Membandingkann dan (7) Merangkum. Unaenah et al. (2020) mengatakan bahwa pemahaman konsep sangat penting dikarenakan belajar mengenai pemahaman merupakan sebuah jembatan yang mampu menghubungkan kognitif siswa yang konkrit dengan konsep baru yang bersifat abstrak. Materi matematika yang bersifat abstrak namun sangat sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari yaitu bangun datar. Dikatakan abstrak karena bangun datar tidak ada di sekitar kita dalam bentuk benda melainkan sebuah gambar, bahkan kertas pun tidak dapat dikatakan bangun datar karena tetap memliki sisi tinggi walaupun hanya 0,01 mm.

Salah satu permasalahan dalam materi bangun datar adalah persoalan mengenai luas bangun datar. Reynolds & Wheatley (1996) menyatakan bahwa dalam menentukan luas suatu wilayah dapat dilakukan dengan membandingkan daerah itu dengan daerah lain. Sehingga dapat disimpulkan bahwa konsep dalam menentukan luas sebuah bangun datar adalah mengetahui besaran benda yang dapat mewakili bangun datar.

Walaupun begitu materi bangun datar terutama luas bangun datar seringkali diajarkan dengan memberikan rumus formal kepada siswa tanpa memberikan pemahaman mengenai konsepnya . Hal ini ditemukan oleh peneliti saat melakukan observasi ke sekolah SMP yang ada di Kota Medan dimana pembelajaran mengenai bangun datar dilakukan dengan memberikan rumus formal dan siswa diminta untuk menggunakan rumus tersebut untuk mengejakan soal yang sejenis. Hal ini menyebabkan siswa cenderung menghafal rumus yang diberikan tanpa mengetahui alasan mengapa rumus tersebut digunakan. Akibat lain dari pembelajaran tersebut adalah ketika siswa diberikan soal mengenai luas dengan bentuk bangun datar yang berbeda dengan yang dicontohkan maka siswa akan kesulitan dalam menjawabnya. Sebagai contoh, gambar 1. merupakan hasil tes penelitian awal peneliti kepada siswa kelas VII mengenai persoalan luas bangun datar.



Gambar 1. Tes Penelitian Awal

Dari hasil tes tersebut dapat dilihat bagaimana siswa mengandalkan hafalan mereka mengenai luas bangun datar dimana siswa tidak memahami apa yang dimaksud dengan luas sehingga rumus yang digunakan tidak berdasar dan mendapatkan hasil yang salah. Seharusnya apabila siswa memahami konsep luas bangun datar maka siswa mampu menemukan model of dari soal tersebut dengan menghitung jumlah kotak kecil yang tertutupi oleh bangun datar segilima yang ditampilkan di dalam soal sehingga siswa akan mendapatkkan jawaban yang tepat.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Oleh karena itu, sebagai pendidik seorang guru dituntut untuk mampu menanamkan konsep dari materi matematika yang diajarkan agar siswa memahami konsep dan tidak hanya sekedar menghafal rumus sehingga ketika menemui soal yang berbeda dari contoh yang diberikan, siswa mampu menjabarkan dan menjelaskan penyelesaian dari soal tersebut. Penerapan berbagai pendekatan, metode dan media pembelajaran menjadi salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas pendidikan matematika. Salah satu pendekatan matematika yang cukup terkenal yaitu Realistic Mathematics Education (RME) dimana guru memperkenalkan matematika dengan menghubungkan aktivitas sehari-hari agar siswa merasa mengalami sendiri aktivitas matematika tersebut.

Dalam proses memperkenalkan siswa dengan matematika berbasis realita ini guru haruslah dapat mengonstruksi tahapan pembelajaran matematika dengan baik. Menurut Gravemeijer (1994) untuk dapat mengonstruksi tahapan pembelajaran itu, pendidik yaitu guru harus mampu mengintegrasikan tujuan dan arah kegiatan pembelajaran dengan menggunakan lintasan pembelajaran. Simon (1995) mengatakan bahwa lintasan pembelajaran atau Hypotehetical Learning Trajectory (HLT) tersusun atas tiga faktor yaitu tujuan pembelajaran yang mendefinisikan arah pembelajaran, aktivitas pembelajaran dan hipotesis proses pembelajaran mengenai dugaan bagaimana siswa berpikir dan pemahaman siswa akan berkembang dalam kegiatan pembelajaran. Setelah pendidik menyusun sebuah HLT pendidik dapat menyimpulkannya dalam bentuk Local Instruction Theory (LIT) sebagai pedoman selama mengajar matematika kepada siswa sehingga pembelajaran berjalan terkonsep dan mampu mencapai tujuan pembelajaran. Berdasarkan uraian di atas maka perlu adanya lintasan belajar atau Hypothetical Learning Trajectory (HLT) berbasis Realistic Mathematic Education (RME) untuk membawa siswa keluar dari kebiasaan menghafal rumus sehingga mampu memahami konsep luas bangun datar sehingga mampu mencapai tujuan pembelajaran matematika. Sehingga peneliti tertarik untuk mengembangkan sebuah Hypothetical Learning Trajectory (HLT) untuk mendukung pemahaman konsep luas bangun datar pada siswa kelas VII.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian berbasis desain atau design based research. Metode ini dilakukan dengan melalui tida tahapan yaitu persiapan dan desain(prepared and design), eksperimen pembelajaran (teaching experiment) dan analisis retrospektif (retrospective analysis) (Gravemeijer & Cobb , 2006). Tahapan prepared and design dilaksanakan dengan melakukan studi literatur mengenai HLT konsep luas bangun datar dengan dianalisis sesuai kebutuhan siswa yang dapat dilihat dari penelitian awal peneliti pada siswa kelas VII di SMPN 29 Medan. Selanjutnya peneliti menyusun HLT sementara dengan berbasis RME untuk dianalisis dan didiskusikan dengan beberapa ahli untuk memvalidasi kesesuaian dengan kebutuhan siswa.

Tahap teaching experiment dilaksanakan dengan dua kegiatan yaitu pertama adalah pilot experiment (uji coba pembelajaran). Kegiatan ini dilakukan dengan mengambil sampel dari seluruh siswa kelas VII. Sampel yang diambil berjumlah 6 orang siswa dari berbagai tingkat kecerdasan yang berbeda-beda. Siswa sampel diberikan pembelajaran dengan berpedoman pada HLT sementara dan hasil pembelajaran mereka dianalisis berdasarkan kesesuaian antara hipotesis dengan keadaan sebenarnya serta tercapainya indikator pemahaman konsep yang ingin dicapai. Selanjutnya hasil analisis akan direvisi untuk menjadi HLT yang akan digunakan pada kegiatan selanjutnya yaitu kegiatan pembelajaran pada kelas besar. Pembelajaran pada kelas besar ini dilaksanakan oleh

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

guru mata pelajaran kepada salah satu kelas VII yang anggotanya tidak termasuk dalam 6 siswa sampel sebelumnya. Pada kegiatan ini guru memberikan pembelajaran dengan berpedoman pada HLT yang telah disediakan peneliti dan peneliti berperan sebagai pengamat kegiatan pembelajaran tersebut.

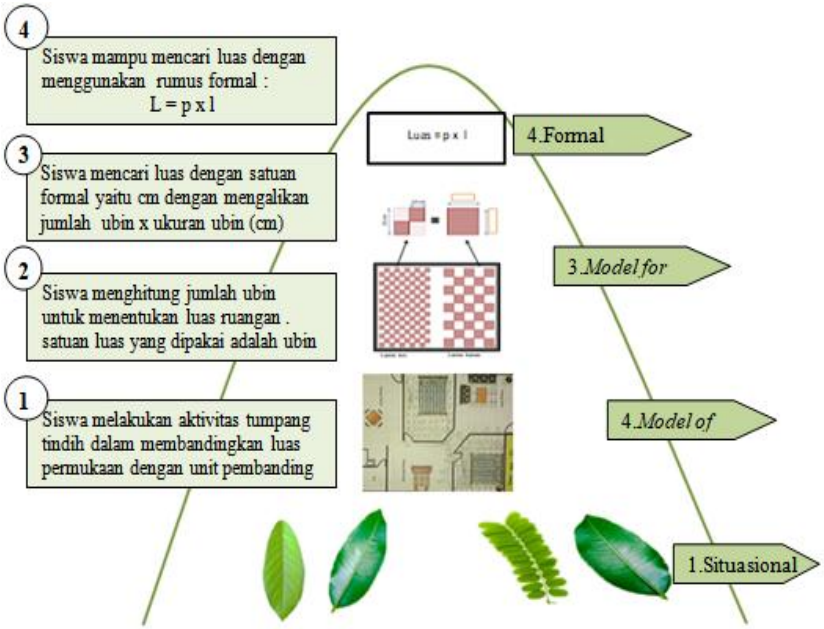
Tahapan terakhir yaitu tahap retrospective analysis dimana hasil pembelajaran pada tahap teaching experiment dianalisis kesesuaian antara respon dan kondisi siswa di kelas saat pembelajaran beserta dengan ketercapaian indikator pemahaman konsep luas bangun datar. Apabila terdapat kesesuaian serta tercapainya tujuan pembelajaran maka penelitian dapat dihentikan dan akan didapat kesimpulan tetapi apabila kegiatan sebelumnya belum sesuai dan belum mencapai tujuan maka kegiatan pembelajara bisa dilakukan kembali sampai mencapai tujuan penelitian. Hasil penelitian ini akan dianalisis dengan menggunakan metode kualitatif deskriftif dimana peneliti akan mengumpulkan data berupa wawancara, rekaman video serta catatan lapangan selanjutnya dianalisis dengan menggunakan triangulasi data sehingga peneliti dapat menarik kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini dibagi menjadi tiga bagian, diawali dari hasil tahapan persiapan dan desain (*prepared and design*), selanjutnya tahapan ekspperimen pembelajaran (*teaching experiment*) dan yang terakhir adalah hasil dari tahapan analisis retrospektif (*retrospective analysis*).

Tahapan persiapan dan desain (prepared and design)

Pada tahapan ini peneliti melakukan studi literatur beserta analisis dan diskusi dengan para ahli mengenai lintasan pembelajaran yang dibutuhkan siswa dalam mendukung kemampuan pemahaman konsep luas bangun datar pada siswa kelas VII. Setelah itu diperoleh suatu lintasan pembelajaran dengan konteks pengubinan. Konteks tersebut dipilih dikarenakan dalam pengubinan dapat mempresentasikan konsep luas bangun datar yang paling sederhana yang dapat diterima siswa selain itu juga pengubinan merupakan hal yang paling dekat dengan siswa dikarenakan ruangan kelas yang digunakan oleh siswa di SMPN 29 Medan menggunakan ubin.



Gambar 2. *Ice Berg* Materi Luas Bangun Datar

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Berdasarkan konteks tersebut maka peneliti menyusun *ice berg* berdasarkan level pengembangan model *Realistic Mathematic Education* (RME). Hasil *ice berg* tersebut dapat dilihat pada gambar 2. Dari *ice berg* tersebut selanjutnya dikembankan menjadi HLT yang mana akan digunakan sebagai pedoman pembelajaran yang disebut sebagai HLT awal. HLT awal dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Hypotetical Learning Trajectori (HLT) Awal

Tujuan Pembelajaran	Aktivitas Pembelajaran	Hipotesis
Siswa mampu membandingkan luas dua buah bangun datar dengan metode tumpang tindih	Membandingkan luas dua buah daun	Siswa akan saling menempelkan kedua daun dan memberikan argumen bahwa daun yang memiliki luas lebih besar adalah daun yang sebagian permukaannya tidak dapat tertutupi oleh daun lain.
Siswa mampu menghitung jumlah unit (daun saga) yang digunakan untuk menutupi seluruh permukaan (daun mangga)	Membandingkan luas daun mangga dngan daun saga	Siswa melepas satu persatu daun saga dan menempelkan seluruhnya ke atas permukaan daun mangga secara rapi dan tertutup secara sempurna untuk mendapatkan perbandingan luas antara kedua daun
Siswa mampu menghitung jumlah ubin (*grid*) dengan menggunakan formula panjang x lebar	Menghitung dan membandingkan luas kamar utama dan kamar anak dengan menghitung jumlah ubin dengan ukuran 10 x 10 cm	Siswa akan menghitung ubin yang ada di pinggiran kamar lalu mengalikan antara panjang dan lebarnya selanjutnya mengira ngira kekurangan ubin yang tidak masuk ke dalam area kamar
Siswa mampu mengubah satuan ubin yang digunakan pada kegiatan sebelumnya menjadi satuan formal luas yaitu cm	Siswa membandingkan dua buah permukaan yang memiliki luas yang sama dengan ukuran unit berbeda	Siswa akan menghitung jumlah ubin yang di butuhkan untuk membuat kamar utama dan kamar anak dengan ukuran ubin yang berbeda mulai dari ukuran 10 x 10 cm , 20 x 20 cm , 30 x 30 cm hingga siswa mendapatkan poin bahwa luas sebuah bangun datar adalah jumlah *grid* yang menutupi bangun datar di kalikan dengan ukuran *grid*
Siswa mampu menghitung luas permukaan menggunakan rumus formal	Menghitung dan membandingkan biaya pembuatan lantai dengan beberapa pilihan ubin dengan harga dan ukuran yang berbeda	Siswa menghitung jumlah ubin yang dibutuhkan dengan menghitung luas daerah rumah yang akan di lantai selanjutnya membaginya ubin berukuran 10 x 10 cm dan ubin berukuran 20 x 20 cm selanjutnya setelah mendapatkan jumlah masing masing ubin maka siswa akan mengalikannya dengan harga masing-masing ubin.

Tahapan eksperimen pembelajaran (teaching experiment)

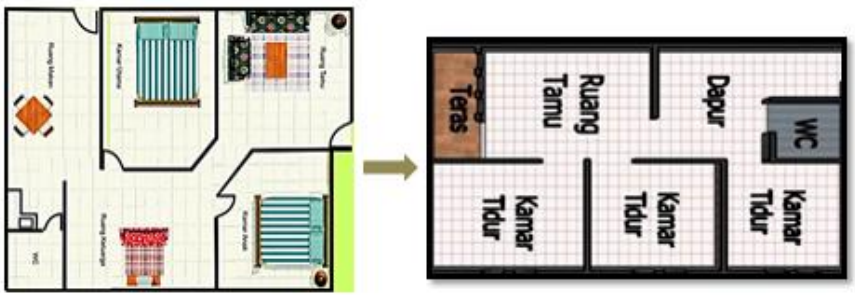
Pada tahapan eksperimen pembelajaran ini dibagi menjadi dua yaitu kegiatan *pilot experiment* dan pembelajaran kelas besar.Kegiatan pilot experiment dilaksanakan dengan memberikan pembelajaran berdasarkan HLT awal kepada 6 orang siswa dari berbagai tingkat kecerdasan. Pemilihan sampel tersebut dilakukan oleh guru mata pelajaran dikarenakan guru mata pelajaran dinilai lebih memahami kondisi siswa.

Pembelajaran pada *pilot experiment* dipandu oleh peneliti di ruangan yang sudah dilengkapi dengan kamera untuk mendapatkan video yang menjadi bahan analisis peneliti nantinya. Setelah kegiatan *pilot experiment* dilaksanakan, ditemukanlah beberapa tahapan kegiatan yang tidak sesuai

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

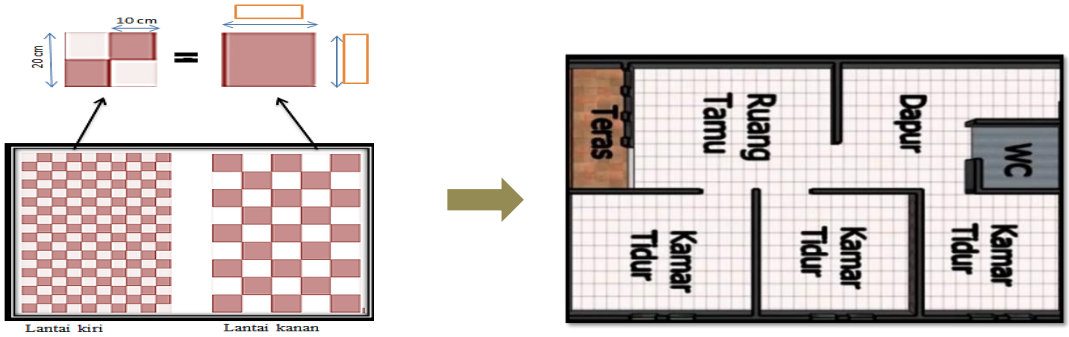
dengan respon siswa serta tidak mencapai tujuan pembelajaran. Temuan dari kegiatan ini adalah sebagai berikut.

Pada kegiatan 3, tujuan peneliti adalah agar siswa mampu menghitung luas permukaan bangun datar dengan mengaplikasikan kemampuan mereka dalam menghitung luas dengan menggunakan formula panjang x lebar. Namun siswa masih menjawab pertanyaan dengan cara menghitung satu persatu ubin yang digunakan. Cara tersebut memang sudah dihipotesiskan oleh peneliti dalam HLT namun tidak memenuhi tujuan yang diharapkan peneliti agar menggunakan formula panjang x lebar sehingga pada HLT perbaikan akan dilakukan pada gambar yang digunakan dalam kegiatan 3 menjadi gambar yang lebih terfokus pada panjang x lebar yaitu persegi.



Gambar 3. Perubahan HLT Awal Dengan HLT Revisi Kegiatan 3

Pada kegiatan 4 dinyatakan gagal oleh peneliti dikarenakan maksud dan tujuan peneliti sama sekali tidak tersampaikan pada kegiatan 4 dimana hipotesis yang dibuat oleh peneliti sebelumnya tidak terealisasikan sehingga untuk kegiatan 4 peneliti mengganti kegiatan menjadi kegiatan mengalikan ukuran ubin dengan jumlah ubin yang digunakan dalam menghitung luas permukaan pada kegiatan sebelumnya. Sehingga pesan peneliti mengenai hubungan *grid* dengan satuan luas dapat tersampaikan secara perlahan bahwa luas permukaan merupakan jumlah grid dikali ukuran *grid* yang digunakan. Hasil revisi HLT pada kegiatan ini akan digunakan sebagai pedoman belajar pada saat tahapan eksperimen pembelajaran yang akan dilaksanakan di kelas besa-



Gambar 4. Perubahan HLT Awal Dengan HLT Revisi Kegiatan 4

Eksperimen pembelajaran di kelas besar dilaksanakan dikelas yang berisi 25 siswa dengan dipandu oleh guru mata pelajaran dengan HLT Revisi sebagai pedoman pembelajaran. Berikut merupakan hasil penelitian dari kegiatan eksperimen pembelajaran di kelas besar. Pada kegiatan 1 ini diawali dengan membeikan pemahaman mengenai fotosintesis dan kesimpulan bahwa daun merupakan tempat memasak bagi tumbuhan. Selanjutnya peneliti memberikan soal mengenai "daun mana yang menghasilkan makanan lebih banyak" agar siswa mengembangkan informasi bahwa semakin luas daun maka akan semakin banyak makanan sehingga untuk mencari daun mana yang menghasilkan makanan yang lebih banyak adalah dengan mencari daun yang lebih luas.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa siswa dapat membandingkan luas dua buah bangun datar(daun) dengan saling menempelkan kedua daun dan memberikan pendapat mereka bahwa daun yang lebih luas adalah daun yang sebagian permukaannya tidak dapat ditutupi oleh daun lainnya. Hal ini dibuktikan dengan adanya foto serta fragmen percakapan antara pendidik dengan siswa sebagai berikut.

Pendidik : bagaimana kalian mengerjakan soal ini tadi?
Siswa : seperti ini pak (menunjukkan kegiatan saling menempelkan kedua daun)
Pendidik : terus mana yang lebih luas?
Siswa : yang ini pak (menunjuk daerah sisa pada daun 2)



Gambar 5. Siswa Saling Menempelkan Permukaan Daun

Kegiatan 2 memiliki persoalan yang sama dengan kegiatan 1, hanya saja pada kegiatan 2 jenis daun yang digunakan berbeda. Perbedaan antara kegiatan 1 dan kegiatan 2 adalah pada kegiatan 1, kedua daun yang dibandingkan memiliki jenis yang sama yaitu daun mangga sedangkan pada kegiatan 2 menggunakan daun mangga dan daun saga yang memiliki sejumlah unit daun dengan ukuran yang kecil-kecil. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa dalam menentukan luas permukaan daun 2 (daun mangga) siswa melepas satu persatu daun saga dan menempelkan seluruhnya ke atas permukaan daun mangga secara rapi dan tertutup secara sempurna untuk mendapatkan perbandingan luas antara kedua daun.



Gambar 6. Siswa Menempelkan Daun Saga di Atas Daun Saga

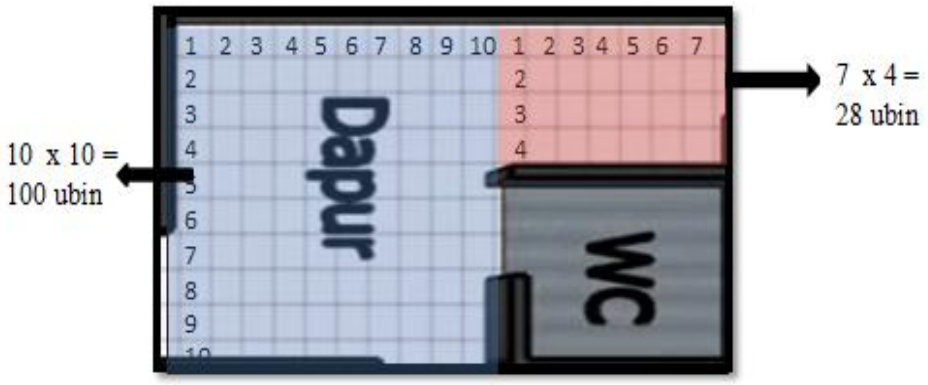
Dan juga ada kelompok siswa yang melepas satu persatu daun saga dan meletakkannya pada kertas bantuan (*grid*) dan hasil akhirnya siswa dapat memberikan contoh bangun datar (persegi) yang memenuhi syarat untuk dijadikan acuan atau satuan ukuran luas permukaan. Hal ini dibuktikan dengan hasil wawancara siswa pada kegiatan 2 sebagai berikut.

Pendidik : menurut kalian mana cara menghitung luas daun yang paling mudah?
Siswa : menggunakan *grid*
Pendidik : mengapa menggunakan *grid* lebih mudah?
Siswa : karena lebih rapi
Siswa : karena dapat menghitung luas dengan menghitung jumlah kotak
Pendidik : iya, dan juga menggunakan *grid* menjadikan tempelan daun tidak saling tumpang tindih.
Pendidik : dari kegiatan yang kalian lakukan sebelumnya, apakah ada kesulitan yang kalian alami?
Siswa : ada yaitu daun saga yang tidak beraturan bentuknya

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

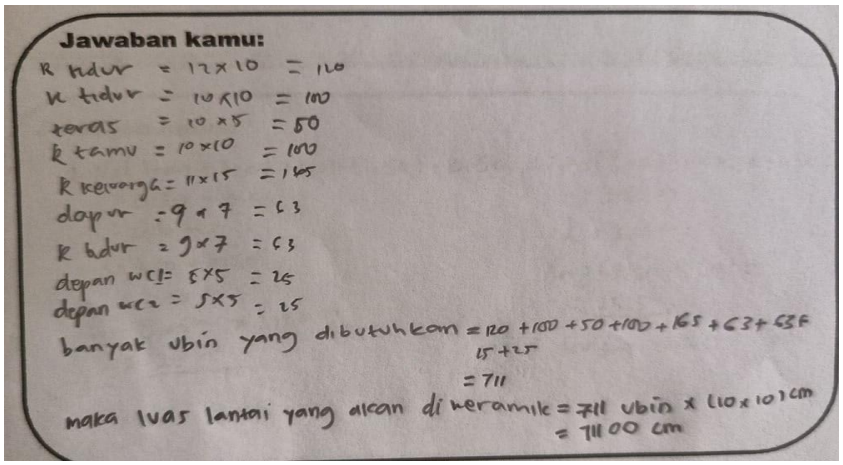
Pendidik : betul sekali, daun saga tidak beraturan bentuknya sehingga jika dia menjadi alat ukur akan ada masalah seperti saling tumpang tindih sesama daun saga dan juga terdapat celah diantara daun saga. Oleh karena itu coba kalian lihat di halaman 6, manakah bentuk bangun datar yang paling cocok untuk dijadikan alat ukur?
Siswa : persegi
Pendidik : apakah semua setuju bahwa yang paling mudah dijadikan tolak ukur adalah persegi?
Siswa : setuju karena bentuknya simpel
Pendidik : jika dilihat pada gambar persegi dan persegi panjang sama sama memiliki bentuk yang simpel, jadi menurut kalian kenapa persegi yang menjadi pilihannya?
Siswa : karena pada persegi panjang ada sisi yang lebih panjang sedangkan persegi sisi sisi nya sama besar.

Pada kegiatan 3 ini siswa diberikan persoalan untuk menghitung luas daerah yang memiliki lantai ubin berukuran 10 x 10 cm sehingga siswa mampu menghitung luas dengan satuan ubin. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa siswa mampu mengkasifikasikan ubin berukuran 10 x 10 cm sebagai acuan ukur serta mengubah bentuk konsep menjadi bentuk matematika dengan menggunakan rumus panjang x lebar sebagai alternatif siswa dalam menghitung jumlah *grid* pada sebuah permukaan bangun datar. Hal ini dibuktikan dengan hasil diskusi mereka saat mengerjakan persoalan pada kegiatan 3 seperti pada gambar 8 di bawah ini.



Gambar 7. Hasil diskusi kegiatan 3

Pada kegiatan 4 ini peneliti memberikan persoalan untuk mengubah satuan ubin pada kegiatan sebelumnya menjadi satuan formal yaitu cm. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa siswa mampu menyimpulkan hubungan antara jumlah ubin yang dihitung pada kegiatan sebelumnya dengan ukuran luas setiap ubin menjadi luas permukaan = jumlah ubin x ukuran luas ubin. Hal ini dibuktikan dengan hasil diskusi siswa saat mengerjakan persoalan pada kegiatan 4 seperti berikut.

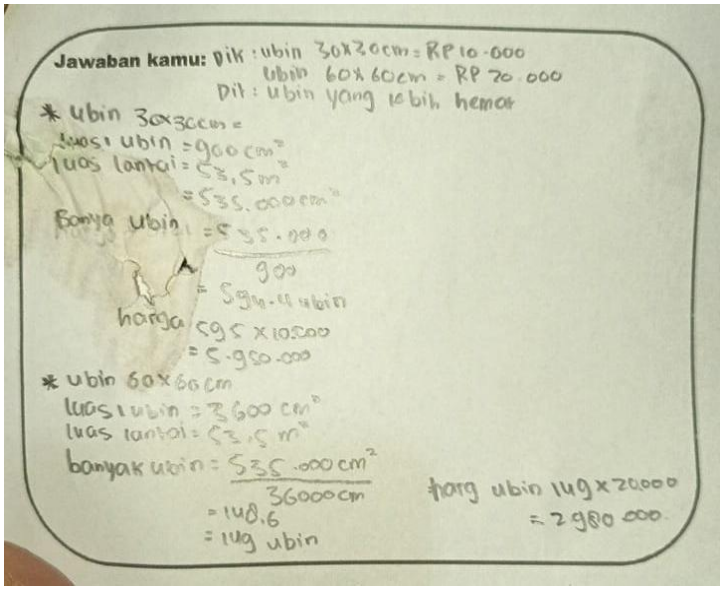


Gambar 8. Jawaban Soal Siswa

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pada kegiatan 5 ini diawali dengan pendidik memberikan penjelasan mengenai perbedaan jumlah ubin apabila menggunakan ukuran ubin yang berbeda di luas permukaan yang sama. Selanjutnya pendidik meminta siswa untuk mengerjakan sebuah soal luas dan jumlah ubin dan biaya yang digunakan apabila menggunakan ukuran ubin yang berbeda. Diharapkan siswa mampu menghitung luas permukaan menggunakan rumus formal serta dapat membandingkan efektifitas ukuran unit dalam kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa siswa siswa mampu membandingkan efektifitas ukuran ubin yang berbeda dengan harga masing-masing ubin serta dapat merangkum konsep luas dengan mampu menghitung luas dengan rumus formal dengan satuan luas formal (cm) dengan cara menghitung luas permukaan dengan rumus formal (panjang x lebar) dilanjutkan mengalikan jumlah ubin dengan ukuran ubin10 x 10 cm yang mana hasilnya dibagi dengan ukuran luas ubin yang ditanya yaitu 10 x 10 cm dan 20 x 20 cm. setelah mendapatkan jumlah ubin mereka mengalikan dengan harga setiap ukuran ubin. Hal ini dapat dibuktikan dari jawaban siswa saat melakukan diskusi pada kegiatan 5 seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Jawaban Siswa Pada Kegiatan 5

Berdasarkan hasil penelitian di atas, keberhasilan siswa dalam menjawab persoalan dengan menggunakan rumus formal dimulai dari masalah kontekstual diawal kegiatan. Dengan menggunakan pendekatan RME, peneliti menyajikan pembelajaran dari persoalan informal hingga sampai kepada persoalan yang dapat diselesaikan dengen penyelesaian formal. Selain itu, keberhasilan kegiatan yang dilaksanakan tidak luput dari kualitas pembelajaran yang saling berkaitan satu sama lain untuk mengantarkan kegiatan demi kegiatan kepada siswa serta kontribusi siswa dan guru dalam melaksanakan pembelajaran.

Tahapan analisis retrospektif (retrospective analysis)

Berdasarkan kegiatan-kegiatan yang dilakukan pada tahapan eksperimen pembelajaran (*teaching experiment*) yang telah dilaksanakan maka dapat diketahui bahwa, setiap aktivitas siswa yang diberikan oleh peneliti dapat dilaksanakan oleh siswa dan pendidik di dalam kelas secara keseluruhan dan adanya kesesuaian antara hipotesis peneliti pada HLT terhadap respon dan keadaan siswa di kelas. Kemudian tercapainya tujuan peneliti dari setiap HLT yang ditandai dengan terpenuhinya indikator-indikator pemahaman yaitu: (a) Menjelaskan, siswa mampu menjelaskan

bahwa luas bangun datar merupakan jumlah unit atau satuan bangun datar yang kongruen yang mampu menutupi seluruh area permukaan yang memiliki batas tertentu, (b) Mencontohkan, siswa mampu memberikan contoh bangun datar kongruen yang dapat dijadikan acuan atau satuan pengukuran dan mana yang tidak dapat digunakan sebagai acuan atau satuan pengukuran, (c) Mengklasifikasikan, siswa mampu mengelompokkan acuan atau satuan ukuran dalam hal ini adalah bangun datar kongruen berdasarkan ukurannya, (d) Menafsirkan, siswa mampu menafsirkan atau mengubah bentuk konsep menjadi bentuk matematikanya (represntasi matematika), (e) Menyimpulkan, siswa mampu menyimpulkan hubungan antara ukuran acuan ukur atau satuan ukur dengan luas bangun datar, (f) Membandingkann, siswa mampu membandingkan efektifiitas ukuran acuan atau satuan pengukuran, (g) Merangkum, siswa mampu mengemukakan bahwa mengukur sebuah luas bangun datar dapat dilakukan dengan rumus formal seperti panjang x lebar tanpa menggunakan bantuan *grid* lagi namun tetap mengerti bahwa asal muasal rumus formal yang di dapat adalah dari *grid* atau satuan ukuran tertentu.

Berdasarkan hasil yang telah disebutkan di atas, maka kegiatan *teaching experiment* dapat berhenti pada siklus ini dan tidak memerlukan siklus tambahan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini maka pengembangan *Hypothetical Learning Trajectory* menggunakan konteks pengubinan dengan pendekatan *Realistic Mathematic Education* mampu mendukung pemahaman konsep luas bangun datar pada siswa kelas VII. Hasil pengembangan HLT terdiri dari lima kegiatan yaitu diantaranya (1) membandingkan dua luas permukaan, (2) menyusun beberapa unit untuk menghitung luas, (3) menghitung unit pembanding untuk menghitung luas, (4) mengubah satuan ubin menjadi satuan luas formal (cm) dan (5) menghitung luas dengan rumus formal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengakui bahwa keberhasilan penelitian ini tidak luput dari bantuan berbagai pihak dalam mendukung peneliti saat penulisan. Peneliti mengucapkan terimakasih kepada para ahli dari universitas negeri medan sebagai validator instrumen penelitian. Peneliti juga mengucapkan terimakasih kepada SMPN 29 Medan yang telah bersedia menerima peneliti untuk melaksanakan penelitian di sekolah serta dukungan mereka dengan memfasilitasi peneliti dengan mempertemukan peneliti dengan guru mata pelajaran matematika yang telah meluangkan waktu untuk membantu peneliti dalam menyampaikan pembelajaran yang telah dirancang.

DAFTAR PUSTAKA

Fajar, A. P., Kodirun, K., Suhar, S., & Arapu, L. (2019). Analisis Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa Kelas VIII SMP Negeri 17 Kendari. *Jurnal Pendidikan Matematika*, *9*(2). https://doi.org/10.36709/jpm.v9i2.5872

Gravemeijer, K. P. E. (1994). Educational Development And Developmental Research In Mathematics Education. *Journal for Research in Mathematics Education*, *25*(5), 443–471.

Gravemeijer, K. P. E., & Cobb, P. (2006). *Educational Design Research: Design Research from a Learning Design Perspective*. Routledge.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Listiani, W., & Rachmawati, R. (2022). Transformasi Taksonomi Bloom dalam Evaluasi Pembelajaran Berbasis HOTS. *JURNAL JENDELA PENDIDIKAN*, *2*(03). https://doi.org/10.57008/jjp.v2i03.266

Reynolds, A., & Wheatley, G. H. (1996). Elementary students' construction and coordination of units in an area setting. *Journal for Research in Mathematics Education*, *27*(5). https://doi.org/10.2307/749848

Simon, M. A. (2020). Reconstructing Mathematics Pedagogy from a Constructivist Perspective. *Journal for Research in Mathematics Education*, *26*(2). https://doi.org/10.5951/jresematheduc.26.2.0114

Suherman, E. dkk. (2011). Strategi Pembelajaran Matematika Kontemporer. *Bandung: PT Remaja Rosdakarya*, *133*.

Unaenah, E., Hidyah, A., Aditya, A. M., Yolawati, N. N., Maghfiroh, N., Dewanti, R. R., Safitri, T., & Tangerang, U. M. (2020). Teori Brunner pada Konsep Bangun Datar Sekolah Dasar. In *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial* (Vol. 2, Issue 2).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pembangunan Syntax Python berbasis Metode Runge Kutta Orde Kelima Tahap Keenam untuk Menyelesaikan Masalah Nilai Awal

Enriko Vincentius Manurung[1*], Yulita Molliq Rangkuti[2], Muhammad Faris[3], Dewi Lestari[4]
[1,2,3,4,]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author: Enrikomnrg08@mhs.unimed.ac.id*

Abstrak, Artikel ini membahas tentang pembangunan syntax python berbasis metode Runge-Kutta orde lima tahap enam untuk menyelesaikan masalah nilai awal. Syntax ini dibangun untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi komputasi dibandingkan dengan soptware-software yang pernah digunakan. Pendekatan Runge-Kutta orde lima tahap enam ini memungkinkan perolehan solusi numerik yang stabil untuk masalah nilai awal. Selain itu, solusi digambarkan lebih mudah, Dari hasil diperoleh bahwa syntax python berbasis metode Runge-Kutta orde lima tahap enam menjadi alternatif syntax masalah yang lebih kompleks.
Kata kunci: Python**,** Metode Runge–Kutta Orde Kelima Tahap Keenam, masalah nilai awal

Abstract, *This article discusses the development of Python syntax based on the fifth-order Runge–Kutta method in the sixth stage to solve initial value problems. This syntax is built to improve accuracy and computational efficiency compared to previously used software. This fifth-order Runge–Kutta approach allows obtaining stable numerical solutions to initial value problems. In addition, the solution is described more easily from the results, which show that the Python syntax based on the fifth-order Runge–Kutta method of the sixth stage is an alternative syntax for more complex problems.* ***Keywords****: Python, Sixth Stage-Fifth Order Runge–Kutta Method, initial value problem*

Citation : Manurung, E. V., dkk. (2024). Pembangunan Syntax Python berbasis Metode Runge Kutta Orde Kelima Tahap Keenam untuk Menyelesaikan Masalah Nilai Awal. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 208 – 215

PENDAHULUAN

Masalah nilai awal dalam persamaan diferensial biasa (ODE) berhubungan dengan menemukan solusi unik untuk sebuah persamaan diferensial dengan kondisi awal tertentu. Kondisi awal ini biasanya diberikan dalam bentuk nilai variabel fungsi dan derivatifnya pada titik tertentu. Misalnya, dalam model pertumbuhan populasi, kita mungkin diminta untuk menemukan solusi persamaan dengan jumlah populasi awal sebagai kondisi awal (George & Datti, (2017)).

Persamaan diferensial pada Masalah nilai awal adalah persamaan matematika untuk fungsi satu variabel atau lebih, yang menghubungkan nilai fungsi itu sendiri dan turunannya dalam berbagai orde (Haswati & Nopitasari, (2019)). Berbagai kasus dalam pemodelan matematika maupun permasalahan bidang teknik/engineering, sering kali harus ditulis dalam sebuah persamaan diferensial. Baik itu persamaan diferensial biasa mupun persamaan diferensial parsial. Tentu saja model persamaan diferensial tersebut 168 harus dicari solusinya, baik itu solusi eksak maupun solusi numerik (Sitompul & Siahaan, (2024)).

Masalah nilai awal dapat dilakukan dengan metode analitik dan metode numerik bergantung pada karaterisitik dari persamaan diferensial tersebut (Nugraha & Nurullaeli, (2023)). Metode numerik digunakan ketika suatu persoalan matematika tidak mampu diselesaikan dengan menggunakan metode analitik. Metode numerik memiliki pengertian yakni teknik teknik yang

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

digunakan untuk merumuskan masalah-masalah matematika agar dapat diselesaikan dengan operasi-operasi aritmatika (hitungan) biasa (tambah, kurang, kali, dan bagi) (Pandia & Sitepu, (2021)).

Dalam hal solusi numerik persamaan diferensial biasa, sudah sangat banyak dibahas oleh para ilmuwan, terutama persamaan diferensial orde satu. Tetapi untuk solusi numerik dari persamaan diferensial orde yang lebih tinggi, pembahasan atau sumber literatur masih sangat minim ditemukan (Sitompul & Siahaan, (2024)). Dalam pemecahan Persamaan Diferensial orde dua, skema numerik dibutuhkan untuk mengonfirmasi solusi analitik. Bahkan dalam bentuk yang lebih kompleks, beberapa bentuk persamaan tidak memungkinkan untuk ditentukan solusinya secara analitik, sehingga diperlukan penentuan solusi dengan skema numerik (Resmawan dkk., (2023)). Pada umumnya solusi numerik yang sering digunakan para ilmuwan adalah metode Runge-Kutta, metode Adam-Basforth, dan metode Adam-Moulton.

Metode Runge Kutta adalah alternatif lain dari metode deret taylor yang tidak membutuhkan perhitungan turunan. Metode ini berusaha mendapatkan derajat ketelitian yang lebih tinggi, namun dengan cara yang sederhana. Metode Runge Kutta mencapai ketelitian suatu pendekatan deret taylor tanpa memerlukan kalkulai turunan yang lebih tinggi (Pandia & Sitepu, (2021)). Metode Runge Kutta merupakan sebuah metode prediksi dan koreksi untuk aproksimasi solusi persamaan biasa yang sangat terkenal di kalangan para ilmuwan. Metode ini dikembangkan oleh ahli matematika Jerman yaitu C.Runge dan M.W.Kutta (Sitompul & Siahaan, (2023)).

Persamaan diferensial dapat diselesaikan dengan menggunakan teknik analisis, sehingga diperlukan perangkat lunak untuk menyelesaikan persamaan diferensial secara numerik. Ada banyak program matematika yang tersedia untuk tujuan ini seperti Matlab (Nasution et al. ((2024), Matematica (Mangobi (2023)), dan Maple (Rangkuti et al, (2014). Selain itu, bahasa pemrograman python juga bisa menyelesaikan persamaan diferensial secara numerik (Yoda et al. (2024))

Python diciptakan oleh Guido van Rossum pada akhir 1980-an, dan dirilis pertama kali pada tahun 1991. Van Rossum mengembangkan Python dengan tujuan untuk membuat bahasa pemrograman yang mudah dipelajari dan digunakan, tetapi tetap kuat dan fleksibel untuk menangani berbagai tugas. Python kini menjadi salah satu bahasa pemrograman yang paling populer, terutama di kalangan ilmuwan komputer, ilmuwan data, dan insinyur (Rangkuti et al. (2021), Romzil & Kurniawan (2020), Syahrudin & Kurniawan (2018)).

Python digunakan untuk implementasi simulasi ini karena fleksibilitas dan kekayaannya dalam library ilmiah. NumPy digunakan untuk perhitungan numerik, dan Matplotlib digunakan untuk visualisasi hasil. Python juga sangat populer di kalangan ilmuwan data dan insinyur karena sintaksisnya yang mudah dipahami dan kemampuannya untuk menangani komputasi skala besar (Rangkuti et al. (2021), Romzil & Kurniawan (2020), Syahrudin & Kurniawan (2018)). Library utama yang digunakan dalam simulasi ini meliputi: (a) NumPy: Untuk melakukan perhitungan numerik pada array multi-dimensi dan melakukan operasi dalam matematika menggunakan library NumPy. (b) Matplotlib: Untuk memvisualisasikan hasil simulasi dalam bentuk grafik 2D dan 3D, termasuk plot lintasan $x(t), y(t), z(t)$ serta diagram fase dan lintasan 3D dari ruang fase menggunakan libraby import matplotlib.pyplot as plt dan from mpl_toolkits import mplot3d, (c) pandas: untuk membuat tabel melalui dataframe menggunakan library import pandas as pd (Rangkuti et al. (2021), Romzil & Kurniawan (2020), Syahrudin & Kurniawan (2018)). Artikel ini bertujuan untuk mengembangkan syntax python untuk menghitung metode Runge-Kutta orde lima tahap keenam dalam menyelesaikan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

masalah nilai awal untuk menguji performa metode dalam konteks berbagai permasalahan nilai awal tersebut.

METODE RUNGE-KUTTA ORDE KELIMA TAHAP KEENAM

Artikel ini memperlihatkan metode Runge-Kutta order kelima dan tahap keenam untuk menyelesaikan masalah nilai awal. Langkah pertama adalah merumuskan persamaan diferensial yang akan dianalisis, yaitu masalah nilai awal dalam bentuk $y' = f(t, y)$ dengan syarat awal$y(t_0) = y_0$. Step size h.Metode ini diterapkan pada interval waktu dari $t = t_0$ hingga $t = t_f$ dengan langkah $h = 0.1$. Setelah rumusan masalah ditetapkan, implementasi algoritma dilakukan dengan menghitung nilai solusi $y(t)$ menggunakan enam tahapan perhitungan turunan yang mengacu pada metode Runge-Kutta (persamaan 1).

$$y_{i+1} = y_i + \frac{h}{144}(14k_1 + 48k_2 + 16k_3 + 33k_4 - 125k_5 + 12k_6) \quad (1)$$

Dimana; $k_1 = f(x_i, y_i)$; $k_2 = f\left(x_i + \frac{1}{3}h, y_i + \frac{1}{3}hk_1\right), k_3 = f\left(x_i + \frac{2}{3}h, y_i + \frac{2}{3}hk_2\right),$

$$k_4 = f\left(x_i + \frac{1}{3}h, y_i + h\left(-\frac{167765027}{45900120}k_1 + \frac{43549}{7217}k_2 - \frac{30361}{14840}k_3\right)\right),$$

$$k_5 = f\left(x_i + \frac{3}{5}h, y_i + h\left(-\frac{151638854921283}{28366716018615}k_1 + \frac{35525}{9169}k_2 - \frac{27646}{19955}k_3 - \frac{10643}{155037}k_4\right)\right),$$

$$k_6 = f\left(x_i + h, y_i + h\left(-\frac{9039268043}{1401332565}k_1 + \frac{736810}{53619}k_2 - \frac{28702}{5227}k_3 - \frac{7}{5}k_4 + \frac{3}{5}k_5\right)\right).$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam artikel ini membahas solusi numerik dari masalah nilai awal menggunakan metode Runge-Kutta order kelima tahapan keenam dengan membangun Syntax Python. Syntax python ditunjukkan pada coding (baris 1-2). Library yang dipilih adalah import numpy as np untuk melakukan operasi numerik di Python sedangkan adalah library import matplotlib.pyplot as plt untuk membuat visualisasi data dengan grafik. kemudian pada Syntax python (baris 3 – 8). kemudian metode Runge-Kutta order kelima tahapan keenam dibangun seperti syntak selanjutnya.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
# Fungsi Runge-Kutta Orde 5 dengan 6 Tahap
def runge_kutta_5_pdf(f, y0, x0, h, x_end):
    # Inisialisasi array untuk x dan y
    x = np.arange(x0, x_end + h, h)
    y = np.zeros(len(x))
    y[0] = y0  # Nilai awal y
 # Looping untuk setiap langkah menggunakan 6 tahap sesuai d
    for i in range(1, len(x)):
    k1 = h * f(x[i-1], y[i-1])
    k2 = h * f(x[i-1] + (1/3)*h, y[i-1] + (1/3)*k1)
    k3 = h * f(x[i-1] + (1/3)*h, y[i-1] + (1/6)*k1 + (1/6)*k2)
   k4 = h * f(x[i-1] + (1/2)*h, y[i-1] + (167765027/45900120)*k1 - (43549/7217)*k2
+ (30361/14840)*k3)
```


© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

```
        k5 = h * f(x[i-1] + h, y[i-1] + (51638854921283/28366716018615)*k1 -
(35525/9169)*k2 + (27646/19955)*k3 - (10643/155037)*k4)
       k6 = h * f(x[i-1] + h, y[i-1] + (9039268043/1401332565)*k1 - (736810/53619)*k2 +
(28702/5227)*k3 - (7/5)*k4 + (3/5)*k5)
# Menghitung solusi numerik di titik berikutnya menggunakan hasil k1 hingga k6
     y[i] = y[i-1] + (1/144) * (14*k1 + 48*k2 + 162*k3 + 33*k4 - 125*k5 + 12*k6)
# Batasi nilai y untuk menghindari overflow
     if y[i] > 1e6:  # Batasi jika y terlalu besar
     y[i] = np.nan
          break
     return x, y
```

Selanjutnya dibangun bagaimana penginputan nilai awal, interval waktu dan ukuran langkah pada koding berikut

```
# Fungsi-fungsi untuk 3 masalah yang diberikan:
# 1. y' = y
def f1(x, y):
    return y
# 2. y' = y + 1
def f2(x, y):
    return y + 1
# 3. y' = y^2 + 1
def f3(x, y):
    return y**2 + 1
# Fungsi untuk menyelesaikan dan menampilkan hasil secara bertahap
def solve_problems():
    # Parameter tetap tanpa input manual
    y0 = 1       # Nilai awal y(0)
    x0 = 0       # Nilai awal x(0)
    x_end = 1    # Nilai akhir x
    h = 0.01     # Langkah kecil untuk stabilitas
    # Menyelesaikan masalah 1
    print("Hasil Masalah 1: y' = y")
    x1, y1 = runge_kutta_5_pdf(f1, y0, x0, h, x_end)
    y1_exact = np.exp(x1)  # Solusi teoritis y = e^x
    print(y1)
    # Menyelesaikan masalah 2
    print("\nHasil Masalah 2: y' = y + 1")
    x2, y2 = runge_kutta_5_pdf(f2, y0, x0, h, x_end)
    y2_exact = np.exp(x2) - 1  # Solusi teoritis y = e^x - 1
    print(y2)
    # Menyelesaikan masalah 3
    print("\nHasil Masalah 3: y' = y^2 + 1")
    x3, y3 = runge_kutta_5_pdf(f3, y0, x0, h, x_end)
    y3_exact = np.tan(x3 + np.pi/4)  # Solusi teoritis y = tan(x + pi/4)
    print(y3)
    # Plot hasil untuk setiap masalah
    plt.figure(figsize=(10, 8))
    # Plot untuk Masalah 1
    plt.subplot(3, 1, 1)
    plt.plot(x1, y1, 'b-', label="Solusi Numerik")
    plt.plot(x1, y1_exact, 'r--', label="Solusi Teoritis")
    plt.title("Masalah 1: y' = y, y(0) = 1")
    plt.xlabel("x")
    plt.ylabel("y")
    plt.legend()
```

```
    # Plot untuk Masalah 2
    plt.subplot(3, 1, 2)
    plt.plot(x2, y2, 'g-', label="Solusi Numerik")
    plt.plot(x2, y2_exact, 'r--', label="Solusi Teoritis")
    plt.title("Masalah 2: y' = y + 1, y(0) = 1")
    plt.xlabel("x")
    plt.ylabel("y")
    plt.legend()
    # Plot untuk Masalah 3
    plt.subplot(3, 1, 3)
    plt.plot(x3, y3, 'm-', label="Solusi Numerik")
    plt.plot(x3, y3_exact, 'r--', label="Solusi Teoritis")
    plt.title("Masalah 3: y' = y^2 + 1, y(0) = 1")
    plt.xlabel("x")
    plt.ylabel("y")
    plt.legend()
    plt.tight_layout()
    plt.show()
# Memanggil fungsi utama untuk menyelesaikan masalah
solve_problems()
```

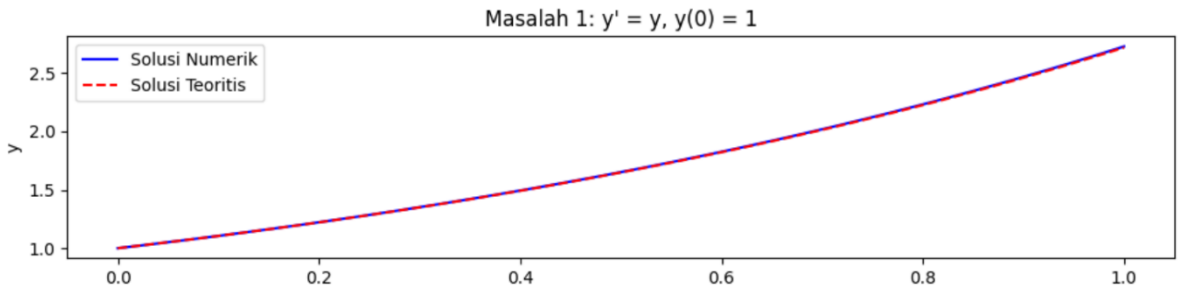
Persamaan diferensial yang diselesaikan adalah masalah 1, dimana masalah 1 tersebutt diketahui suatu masalah nilai awal dalam bentuk persamaan diferensial linier (persamaan 2)

$$\frac{dy}{dx} = y, y(0) = 1, 0 \leq x \leq 1, \quad (2)$$

dengan solusi eksak $y(x) = e^x, h = 0.1$.

Hasil Masalah 1: y' = y

[1.1.01008354 1.02026875 1.03055667 1.04094833 1.05144477
1.06204706 1.07275625 1.08357343 1.09449968 1.10553611 1.11668383
1.12794395 1.13931762 1.15080597 1.16241016 1.17413137 1.18597077
1.19792955 1.21000892 1.22221009 1.23453429 1.24698277 1.25955677
1.27225755 1.28508641 1.29804463 1.31113351 1.32435438 1.33770856
1.35119739 1.36482224 1.37858448 1.39248549 1.40652667 1.42070943
1.43503521 1.44950544 1.46412159 1.47888511 1.49379751 1.50886027
1.52407492 1.53944299 1.55496602 1.57064558 1.58648325 1.60248061
1.61863929 1.6349609 1.65144709 1.66809952 1.68491986 1.70190982
1.71907109 1.73640541 1.75391452 1.77160018 1.78946418 1.80750831
1.82573439 1.84414425 1.86273975 1.88152276 1.90049516 1.91965888
1.93901583 1.95856797 1.97831727 1.99826571 2.0184153 2.03876806
2.05932606 2.08009135 2.10106603 2.12225221 2.14365202 2.16526762
2.18710118 2.2091549 2.231431 2.25393171 2.27665932 2.2996161
2.32280437 2.34622646 2.36988472 2.39378154 2.41791933 2.44230051
2.46692754 2.4918029 2.51692909 2.54230864 2.56794411 2.59383807
2.61999314 2.64641194 2.67309713 2.70005141 2.72727748]



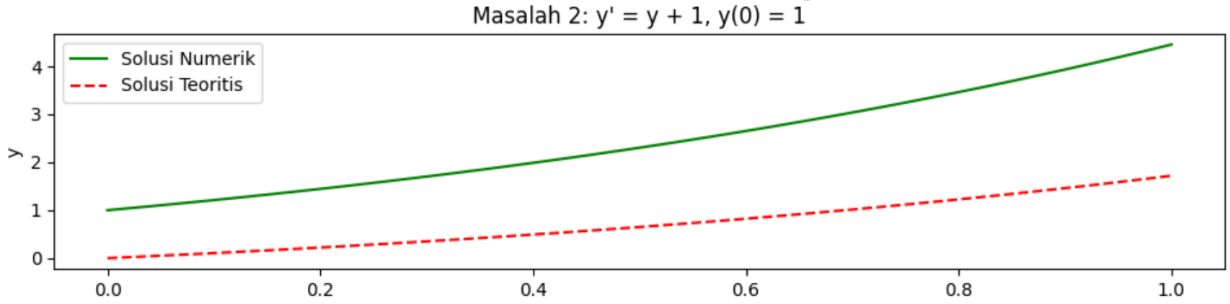
© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Kemudian untuk Masalah 2**:** Diketahui suatu masalah nilai awal dalam bentuk persamaan diferensial linier (Persamaan 3).

$$\frac{dy}{dx} = y + 1, y(0) = \ 1, 0 \leq x \leq 1, \tag{3}$$

dengan solusi eksak $y(x) = -1 + 2e^x, h = 0.1$

Hasil Masalah 1: y' = y
[1.1.01008354 1.02026875 1.03055667 1.04094833 1.05144477
1.06204706 1.07275625 1.08357343 1.09449968 1.10553611 1.11668383
1.12794395 1.13931762 1.15080597 1.16241016 1.17413137 1.18597077
1.19792955 1.21000892 1.22221009 1.23453429 1.24698277 1.25955677
1.27225755 1.28508641 1.29804463 1.31113351 1.32435438 1.33770856
1.35119739 1.36482224 1.37858448 1.39248549 1.40652667 1.42070943
1.43503521 1.44950544 1.46412159 1.47888511 1.49379751 1.50886027
1.52407492 1.53944299 1.55496602 1.57064558 1.58648325 1.60248061
1.61863929 1.6349609 1.65144709 1.66809952 1.68491986 1.70190982
1.71907109 1.73640541 1.75391452 1.77160018 1.78946418 1.80750831
1.82573439 1.84414425 1.86273975 1.88152276 1.90049516 1.91965888
1.93901583 1.95856797 1.97831727 1.99826571 2.0184153 2.03876806
2.05932606 2.08009135 2.10106603 2.12225221 2.14365202 2.16526762
2.18710118 2.2091549 2.231431 2.25393171 2.27665932 2.2996161
2.32280437 2.34622646 2.36988472 2.39378154 2.41791933 2.44230051
2.46692754 2.4918029 2.51692909 2.54230864 2.56794411 2.59383807
2.61999314 2.64641194 2.67309713 2.70005141 2.72727748]



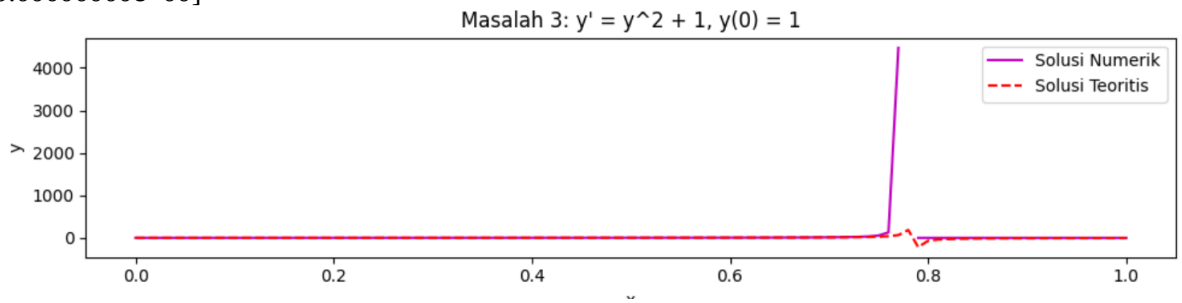
Kemudian untuk Masalah 3: Diketahui suatu masalah nilai awal dalam bentuk persamaan diferensial nonlinier (Persamaan 4).

$$\frac{dy}{dx} = y^2 + 1, y(0) = \ 1, 0 \leq x \leq 1, \tag{4}$$

dengan solusi eksak $y(x) = \tan\left(x + \frac{1}{4}\pi\right), h = 0.1.$

Hasil Masalah 3: y' = y^2 + 1
[1.00000000e+00 1.02033623e+00 1.04109726e+00 1.06230091e+00
1.08396601e+00 1.10611238e+00 1.12876095e+00 1.15193383e+00
1.17565438e+00 1.19994733e+00 1.22483885e+00 1.25035668e+00
1.27653025e+00 1.30339080e+00 1.33097153e+00 1.35930778e+00
1.38843715e+00 1.41839975e+00 1.44923838e+00 1.48099876e+00
1.51372979e+00 1.54748386e+00 1.58231711e+00 1.61828984e+00
1.65546685e+00 1.69391793e+00 1.73371828e+00 1.77494910e+00
1.81769819e+00 1.86206063e+00 1.90813957e+00 1.95604710e+00
2.00590522e+00 2.05784703e+00 2.11201795e+00 2.16857722e+00
2.22769962e+00 2.28957736e+00 2.35442235e+00 2.42246880e+00
2.49397622e+00 2.56923300e+00 2.64856048e+00 2.73231786e+00

2.82090796e+00 2.91478404e+00 3.01445803e+00 3.12051034e+00
3.23360173e+00 3.35448780e+00 3.48403670e+00 3.62325091e+00
3.77329446e+00 3.93552686e+00 4.11154617e+00 4.30324386e+00
4.51287570e+00 4.74315422e+00 4.99737097e+00 5.27956035e+00
5.59472261e+00 5.94913249e+00 6.35077475e+00 6.80997180e+00
7.34031059e+00 7.96004970e+00 8.69432487e+00 9.57873730e+00
1.06654549e+01 1.20341507e+01 1.38129263e+01 1.62217246e+01
1.96723595e+01 2.50338591e+01 3.44918858e+01 5.53372747e+01
1.29724515e+02 4.47071674e+03 nan 0.00000000e+00
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00 0.00000000e+00
0.00000000e+00]



Hasil dari penerapan metode Runge-Kutta orde lima tahap keenam terhadap tiga masalah nilai awal menunjukkan bahwa metode ini dapat memberikan solusi numerik yang akurat. Pada Masalah 1, yang merupakan persamaan $y' = y$ dengan kondisi awal $y(0) = 1$, solusi eksak yang diharapkan adalah $y(x) = e^x$. Hasil numerik yang diperoleh pada $x = 1$ mendekati 2.71828, yang merupakan nilai eksak dari e. Ini menunjukkan bahwa metode yang digunakan mampu memberikan solusi yang sangat akurat, dengan kesalahan relatif yang minimal. Pada Masalah 2, yang berbentuk $y' = y + 1$ dengan kondisi awal yang sama, solusi eksak adalah $y(x) = -1 + 2e^x$. Hasil numerik juga mendekati 1.71828 pada x=1 , menunjukkan bahwa metode Runge-Kutta tetap efektif dalam menghasilkan solusi yang tepat.

Terakhir, pada Masalah 3, yang merupakan persamaan nonlinier $y' = y^2 + 1$, solusi teoritis adalah $y(x) = \tan\left(x + \frac{1}{4}\pi\right)$. Meskipun nilai y berkembang pesat dalam kasus ini, metode ini masih mampu memberikan solusi yang cukup akurat. Grafik hasil visualisasi menunjukkan perbandingan antara solusi numerik dan solusi eksak untuk ketiga masalah. Setiap grafik memberikan gambaran yang jelas tentang seberapa dekat solusi numerik yang diperoleh dengan nilai eksak, menunjukkan bahwa metode Runge-Kutta orde lima tahap keenam adalah pilihan yang baik untuk menyelesaikan masalah nilai awal dalam berbagai konteks.

KESIMPULAN

Artikel ini menunjukkan bahwa Syntax python berbasis metode Runge-Kutta order kelima dan tahapan keenam telah dibangun memberikan akurasi dan efisiensi komputasi dibandingkan software-software yang lain dengan menampilkan inputan yang mana dengan satu Syntax, bisa memasukkan beberapa masalah nilai awal dengan menginput $f(x, y)$, nilai awal, interval waktu dan ukuran langkah yang berbeda sehingga analisis hasil simulasi dapat dibangun. Pemilihan metode Runge-Kutta order

kelima dan tahapan keenam sudah tepat untuk menyelesaikan masalah nilai awal yang artinya metode membuktikan bahwa metode ini mampu menangani berbagai masalah nilai awal dengan cepat, sehingga sangat layak diterapkan pada berbagai aplikasi dalam berbagai bidang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

George, R. K., & Datti, P. S. (2017). *Ordinary differential equations: Principles and applications*. Cambridge University Press.

Haswati, D., & Nopitasari, D. (2019). Implementasi bahan ajar persamaan diferensial dengan metode guided discovery berbantuan software mathematica untuk meningkatkan pemahaman konsep. *Jurnal Gantang*, *4*(2), 97-102.

Mangobi, J.U.L., (2023) SEIR Model Simulation with Part of Infected Mosquito Eggs, BAREKENG: Journal of Mathematics and Its Applications, 17(3), 1641–1652

Nasution, H., Alamsyah, F., & Surbakti, N.M., (2024), Analisis Matematika Efektifitas Vaksin Pada Pengendalian Penyebaran Covid-19 di Provinsi Sumatera Utara, *Jurnal Matematika UNAND*, 12(3), 229 – 244

Nugraha, A. M., & Nurullaeli, N. (2023, January). Graphical User Intrface (Gui) Matlab Untuk Penyelesaian Persamaan Diferensial Biasa Orde Satu. In *Semnas Ristek (Seminar Nasional Riset dan Inovasi Teknologi)* (Vol. 7, No. 1).

Pandia, W., & Sitepu, I. (2021). Penentuan Galat Persamaan Diferensial Biasa Orde 1 dengan Metode Numerik. *Jurnal Mutiara Pendidikan Indonesia*, *6*(1), 31-37.

Rangkuti, Y.M., Side, S., & Noorani, M.S.M., (2014), Numerical analytic solution of SIR model of dengue fever disease in south Sulawesi using homotopy perturbation method and variational iteration method, *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*, 46,(1), 91-105

Rangkuti, Y.M., Al Idrus, S.S, Tarigan, D.D. (2021), Pengantar Pemrograman Python, Media Sains Indonesia, Bandung

Romzi & Kurniawan. B., (2020). Pembelajaran Pemrograman Python Dengan Pendekatan Logika Algoritma . JTIM: Jurnal Teknik Informatika Mahakarya, 37- 44.

Resmawan, R., Rosydah, B. M., & Handayani, R. P. (2023). Komparasi Skema Numerik Euler, Runge-Kutta dan Adam-Basforth-Moulton untuk Menyelesaikan Solusi Persamaan Osilator Harmonik. *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi*, *11*(2), 282-292.

Sitompul, H. A., & Siahaan, E. W. (2023). Solusi Numerik Persamaan Diferensial Biasa Orde Tinggi Melalui Pendekatan Metode Beda Pusat Newton. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, *9*(1), 168-173.

Sitompul, H. A., & Siahaan, E. W. (2024). Solusi Persamaan Diferensial Biasa Orde Tinggi Dengan Metode Polinomial dan Runge Kutta. *Jurnal Penelitian Fisikawan*, *7*(1), 32-40.

Syahrudin, A.N, Kurniawan. T., (2018). Input Dan Output Pada Bahasa Pemrograman Python. Jurnal Dasar Pemrograman Python STMIK, 1-7.

Yoda, Y., Ouedraogo, H., Ouedraogo, D. & Guiro, A., (2024), Mathematical analysis and optimal control of Dengue fever epidemic model, *Advances in Continuous and Discrete Models*, 2024:11, 1-33

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pembangunan Python Script berdasarkan Metode Runge-Kutta Orde Lima berbasis pada Rata-rata Heronian untuk Menyelesaikan Model Lengan Robot yang diperkecil

Jonathan Martua Gultom[1], Wira Wibawa Permadi[2],Nur Rizkah Khoiriyah Pohan[3*], Yulita Molliq Rangkuti[4]

[1,2,3,4,]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia

**Coresponding Author: nurrizkahkhoiriyahhh88@gmail.com*

Abstrak, Artikel ini membahas tentang pembangunan syntax python untuk menyelesaikan model sistem lengan robot yang diperkecil. Syntax ini dibangun untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi komputasi dibandingkan dengan software-software yang pernah digunakan Metode Runge-Kutta Orde kelima dengan bobot khusus yang dikombinasikan dengan rata-rata Heronian (RK5BRH) memberikan penekanan pada perhitungan setiap tahap dengan bobot tertentu, sementara rata-rata Heronian digunakan untuk menyempurnakan hasil numerik pada beberapa tahap perhitungan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa RK5BRH mampu menghasilkan solusi yang akurat dan konvergen. Dari hasil diperoleh bahwa syntax python berbasis metode RK5BRH menjadi alternatif syntax masalah yang lebih kompleks.

Kata kunci: Metode Runge-Kutta Berbobot Orde Lima, Rata-rata Heronian, Python, model sistem lengan robot yang diperkecil

Abstract, *This article discusses the development of Python syntax to solve a scaled-down robotic arm system model. This syntax is built to improve accuracy and computational efficiency compared to previously used software. The fifth-order Runge-Kutta method with special weights combined with the Heronian mean (RK5BRH) emphasizes the calculation of each stage with a certain weight. In contrast, the Heronian average is used to refine the numerical results at several calculation stages. The simulation results show that RK5BRH can produce accurate and convergent solutions. The results show that the Python syntax based on the RK5BRH method is an alternative syntax for more complex problems.*

Keywords*: Fifth Order Weighted Runge-Kutta Method combined with Heronian Mean, Python, reduced robot arm system model*

Citation : Gultom J. M., dkk. (2024). Pembangunan Python Script berdasarkan Metode Runge-Kutta Orde Lima berbasis pada Rata-rata Heronian untuk Menyelesaikan Model lengan robot yang diperkecil. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 216 – 223

PENDAHULUAN

Dalam dunia otomasi dan robotika, pemodelan sistem dinamis diperlukan untuk menggambarkan perubahan posisi, kecepatan, dan gaya secara tepat. Salah satu aspek krusial dalam pemodelan tersebut adalah masalah nilai awal (Initial Value Problem, IVP), di mana solusi persamaan diferensial dicari dengan mempertimbangkan kondisi awal sistem (Butcher, 2021). Pemahaman dan penyelesaian IVP sangat penting dalam perancangan sistem yang membutuhkan kontrol presisi tinggi, seperti lengan robot, agar perilakunya dapat diprediksi dan dioptimalkan dalam waktu nyata (Rismayanti & Susanto, 2022), $x_1' = x_2, x_2' = 0.2140x_2 - 0.173x_1 + 0.0265$, $x_3' = x_4$, dan $x_4' = -0.13032x_4 - 0.00191844x_3 + 0.00935089$.

Dengan kondisi awal: $x_1(0) = -1, x_2(0) = 0, x_3(0) = -1, x_4(0) = 0$. Model ini menggambarkan interaksi antara posisi dan kecepatan pada lengan robot. Sistem ini memerlukan metode numerik dengan akurasi tinggi untuk menyelesaikan IVP, karena solusi analitiknya sulit

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

ditemukan secara langsung. Metode RK5BRH diterapkan untuk memastikan solusi yang stabil dan konvergen (Khalil & Nasser, 2023). Model ini menunjukkan interaksi antar variabel posisi dan kecepatan pada lengan robot. Setiap variabel bergantung pada kondisi awalnya, dan perubahan kecil pada kondisi awal dapat berdampak besar pada hasil akhir, yang merupakan karakteristik umum dari sistem non-linear (Khalil & Nasser, 2023). Dalam kasus seperti ini, solusi analitik sering kali sulit ditemukan, sehingga metode numerik digunakan sebagai pendekatan untuk menyelesaikan IVP secara efisien (Butcher, 2021).

Metode numerik yang umum digunakan untuk menyelesaikan IVP adalah metode Runge-Kutta Orde Lima (RK5). RK5 dipilih karena memiliki keunggulan akurasi yang lebih baik dibandingkan metode Euler dan Taylor, serta mampu menangani dinamika kompleks (Rismayanti & Susanto, 2022). Penelitian ini memodifikasi RK5 dengan menggunakan rata-rata Heronian untuk memperbaiki kestabilan perhitungan dan akurasi solusi. Rata-rata Heronian, yang menggabungkan aspek rata-rata aritmetika dan geometris, diterapkan pada beberapa tahapan iterasi dalam algoritma RK5 untuk menghasilkan solusi yang lebih halus dan konvergen (Nitzan, 2021). Persamaan diferensial dapat diselesaikan dengan menggunakan teknik analisis, sehingga diperlukan perangkat lunak untuk menyelesaikan persamaan diferensial secara numerik. Ada banyak program matematika yang tersedia untuk tujuan ini seperti Matlab (Nasution et al. ((2024), Matematica (Mangobi (2023)), dan Maple (Rangkuti et al, (2014). Selain itu, bahasa pemrograman python juga bisa menyelesaikan persamaan diferensial secara numerik (Yoda et al. (2024))

Python diciptakan oleh Guido van Rossum pada akhir 1980-an, dan dirilis pertama kali pada tahun 1991. Van Rossum mengembangkan Python dengan tujuan untuk membuat bahasa pemrograman yang mudah dipelajari dan digunakan, tetapi tetap kuat dan fleksibel untuk menangani berbagai tugas. Python kini menjadi salah satu bahasa pemrograman yang paling populer, terutama di kalangan ilmuwan komputer, ilmuwan data, dan insinyur (Rangkuti et al. (2021), Romzil & Kurniawan (2020), Syahrudin & Kurniawan (2018)).

Python digunakan untuk implementasi simulasi ini karena fleksibilitas dan kekayaannya dalam library ilmiah. NumPy digunakan untuk perhitungan numerik, dan Matplotlib digunakan untuk visualisasi hasil. Python juga sangat populer di kalangan ilmuwan data dan insinyur karena sintaksisnya yang mudah dipahami dan kemampuannya untuk menangani komputasi skala besar (Rangkuti et al. (2021), Romzil & Kurniawan (2020), Syahrudin & Kurniawan (2018)). Library utama yang digunakan dalam simulasi ini meliputi: (a) NumPy: Untuk melakukan perhitungan numerik pada array multi-dimensi dan melakukan operasi dalam matematika menggunakan library NumPy. (b) Matplotlib: Untuk memvisualisasikan hasil simulasi dalam bentuk grafik 2D dan 3D, termasuk plot lintasan $x(t), y(t), z(t)$ serta diagram fase dan lintasan 3D dari ruang fase menggunakan libraby import matplotlib.pyplot as plt dan from mpl_toolkits import mplot3d, (c) pandas: untuk membuat tabel melalui dataframe menggunakan library import pandas as pd (Rangkuti et al. (2021), Romzil & Kurniawan (2020), Syahrudin & Kurniawan (2018)). Artikel ini bertujuan untuk mengembangkan syntax python untuk menghitung metode RK5BRH dalam menyelesaikan model sistem lengan robot yang diperkecil untuk menguji performa metode dalam konteks berbagai permasalahan nilai awal tersebut

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

METODE RUNGE-KUTTA BERBOBOT ORDE KELIMA BERDASARKAN MEAN HERONIAN

Metode Runge-Kutta Orde Lima standar terlebih dahulu. Kemudian, terapkan rata-rata Heronian pada salah satu atau beberapa tahapan dalam skema RK5 (misalnya, menggantikan perhitungan tahapan k_i dengan rata-rata Heronian dari beberapa nilai k_i sebelumnya).

$$y_{i+1} = y_i + \frac{h}{14}\left(k_1 + 2(k_2 + k_3) + 2(k_3 + k_4) + k_5 + \sqrt{|k_1 k_2|} + \sqrt{|k_2 k_3|} + \sqrt{|k_3 + k_4|} + \sqrt{|k_4 + k_5|}\right) \quad (1)$$

dimana; $k_1 = f(x_i, y_i), k_2 = f\left(x_i + \frac{38789865}{163066739}h, y_i + \frac{38789865}{163066739}hk_1\right),$

$k_3 = f\left(x_i + \frac{41063576}{89521497}h, y_i - \frac{38926273}{154969080}hk_1 + \frac{49239911}{69362921}hk_2\right),$

$k_4 = f\left(x_i + \frac{142104621}{142562423}h, y_i - \frac{46861542}{132568883}hk_1 + \frac{415527214}{419413821}hk_2 + \frac{38385758}{106762407}hk_3\right),$

$k_5 = f\left(x_i + \frac{73755049}{110356862}h, y_i + \frac{311954026}{192782691}hk_1 - \frac{40359572}{29023473}hk_2 - \frac{25308289}{156858746}hk_3 + \frac{45864583}{76174812}hk_4\right).$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam artikel ini membahas pembangunan syntak untuk menunjukkan solusi numerik dari masalah nilai awal menggunakan metode RK5BRH. Library yang dipilih adalah import numpy as np untuk melakukan operasi numerik di Python sedangkan adalah library import matplotlib.pyplot as plt untuk membuat visualisasi data dengan grafik serta import pandas as pd untuk pembangunan dataframe. kemudian pada Syntax python dilanjutkan dengan mendefinisikan fungsi yang akan di selesaikanSyntax python yang dibangun ditunjukkan sebagai berikut:

```
#Library
    import numpy as np
    import matplotlib.pyplot as plt
    import pandas as pd
    def FF(t, x1, x2, x3, x4):
        return x2
    def GG(t, x1, x2, x3, x4):
        return 0.2140 * x2 - 0.1730 * x1 + 0.0265
    def HH(t, x1, x2, x3, x4):
        return x4
    def II(t, x1, x2, x3, x4):
        return -0.130321 * x4 - 0.00191844 * x3 + 0.00935089
```

Kemudian, fungsi di definisikan terdapat empat fungsi yaitu fungsi FF, GG, HH, dan II dengan membedakan variabel x1, x2, x3 dan x4. Kemudian metode RK5BRH dibangun seperti syntax berikut:

```
    def RK5BRH_solver(FF, GG, HH, II, x10, x20, x30, x40, t0, tf, h):
        t_values = []
        x1_values = []
        x2_values = []
        x3_values = []
        x4_values = []
        t = t0
        x1 = x10
        x2 = x20
        x3 = x30
        x4 = x40
        while t <= tf:
            t_values.append(t)
            x1_values.append(x1)
            x2_values.append(x2)
            x3_values.append(x3)
```


© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

```
        x4_values.append(x4)
    k1 = h * FF(t, x1, x2, x3, x4)
       l1 = h * GG(t, x1, x2, x3, x4)
       m1 = h * HH(t, x1, x2, x3, x4)
       n1 = h * II(t, x1, x2, x3, x4)
    k2 = h * FF(t + 38789865*h/163066739, x1 + 38789865*k1/163066739, x2 +
   38789865*k1/163066739, x3 + 38789865*k1/163066739, x4 + 38789865*k1/163066739)
       l2 = h * GG(t + 38789865*h/163066739, x1 + 38789865*l1/163066739, x2 +
   38789865*l1/163066739, x3 + 38789865*l1/163066739, x4 + 38789865*l1/163066739)
       m2 = h * HH(t + 38789865*h/163066739, x1 + 38789865*m1/163066739, x2 +
   38789865*m1/163066739, x3 + 38789865*m1/163066739, x4 + 38789865*m1/163066739)
       n2 = h * II(t + 38789865*h/163066739, x1 + 38789865*n1/163066739, x2 +
   38789865*n1/163066739, x3 + 38789865*n1/163066739, x4 + 38789865*n1/163066739)

   k3 = h * FF(t + 41063576*h/89521497, x1 -38926273* k1/154969080 +49239911*k2/69362921, x2 -
   38926273*k1/154969080 +49239911*k2/69362921, x3 -38926273*k1/154969080
   +49239911*k2/69362921, x4 -38926273*k1/154969080 +49239911*k2/69362921)
       l3 = h * GG(t + 41063576*h/89521497, x1 -38926273* l1/154969080 +49239911*l2/69362921,
   x2 -38926273*l1/154969080 +49239911*l2/69362921, x3 -38926273*l1/154969080
   +49239911*l2/69362921, x4 -38926273*l1/154969080 +49239911*l2/69362921)
       m3 = h * HH(t + 41063576*h/89521497, x1 -38926273*m1/154969080 +49239911*m2/69362921, x2
   -38926273*m1/154969080 +49239911*m2/69362921, x3 -38926273*m1/154969080
   +49239911*m2/69362921, x4 -38926273*m1/154969080 +49239911*m2/69362921)
       n3 = h * II(t + 41063576*h/89521497, x1 -38926273*n1/154969080 +49239911*n2/69362921, x2
   -38926273*n1/154969080 +49239911*n2/69362921, x3 -38926273*n1/154969080
   +49239911*n2/69362921, x4 -38926273*n1/154969080 +49239911*n2/69362921)

   k4 = h * FF(t + 142104621*h/142562423, x1 - 46861542*k1/132568883 + 415527214*k2/419413821 +
   38385758*k3/106762407, x2 - 46861542*k1/132568883 + 415527214*k2/419413821 +
   38385758*k3/106762407, x3 - 46861542*k1/132568883 + 415527214*k2/419413821 +
   38385758*k3/106762407, x4 - 46861542*k1/132568883 + 415527214*k2/419413821 +
   38385758*k3/106762407)
       l4 = h * GG(t + 142104621*h/142562423, x1 - 46861542*l1/132568883 +
   415527214*l2/419413821 + 38385758*l3/106762407, x2 - 46861542*l1/132568883 +
   415527214*l2/419413821 + 38385758*l3/106762407, x3 - 46861542*l1/132568883 +
   415527214*l2/419413821 + 38385758*l3/106762407, x4 - 46861542*l1/132568883 +
   415527214*k2/419413821 + 38385758*k3/106762407)
       m4 = h * HH(t + 142104621*h/142562423, x1 - 46861542*m1/132568883 +
   415527214*m2/419413821 + 38385758*m3/106762407, x2 - 46861542*m1/132568883 +
   415527214*m2/419413821 + 38385758*m3/106762407, x3 - 46861542*m1/132568883 +
   415527214*m2/419413821 + 38385758*m3/106762407, x4 - 46861542*m1/132568883 +
   415527214*m2/419413821 + 38385758*m3/106762407)
       n4 = h * II(t + 142104621*h/142562423, x1 - 46861542*n1/132568883 +
   415527214*n2/419413821 + 38385758*n3/106762407, x2 - 46861542*n1/132568883 +
   415527214*n2/419413821 + 38385758*n3/106762407, x3 - 46861542*n1/132568883 +
   415527214*n2/419413821 + 38385758*n3/106762407, x4 - 46861542*n1/132568883 +
   415527214*n2/419413821 + 38385758*n3/106762407)

k_5=f(x_i+73755049/110356862     h,y_i+311954026/192782691     hk_1-40359572/29023473     hk_2-
25308289/156858746 hk_3+45864583/76174812 hk_4 )

k5 = h * FF(t + 73755049*h/110356862, x1 + 311954026*k1/192782691 - 40359572*k2/29023473 -
25308289*k3/156858746 + 45864583*k4/76174812, x2 + 311954026*k1/192782691 - 40359572*k2/29023473
- 25308289*k3/156858746 + 45864583*k4/76174812, x3 + 311954026*k1/192782691 - 40359572*k2/29023473
- 25308289*k3/156858746 + 45864583*k4/76174812, x4 + 311954026*k1/192782691 - 40359572*k2/29023473
- 25308289*k3/156858746 + 45864583*k4/76174812)

l5 = h * GG(t + 73755049*h/110356862, x1 + 311954026*l1/192782691 - 40359572*l2/29023473 -
25308289*l3/156858746 + 45864583*l4/76174812, x2 + 311954026*l1/192782691 - 40359572*l2/29023473
- 25308289*l3/156858746 + 45864583*l4/76174812, x3 + 311954026*l1/192782691 - 40359572*l2/29023473
```


© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

```
- 25308289*l3/156858746 + 45864583*l4/76174812, x4 + 311954026*l1/192782691 - 40359572*l2/29023473
- 25308289*l3/156858746 + 45864583*l4/76174812)

m5 = h * HH(t + 73755049*h/110356862, x1 + 311954026*m1/192782691 - 40359572*l2/29023473 -
25308289*m3/156858746 + 45864583*m4/76174812, x2 + 311954026*m1/192782691 - 40359572*m2/29023473
- 25308289*m3/156858746 + 45864583*m4/76174812, x3 + 311954026*m1/192782691 - 40359572*m2/29023473
- 25308289*m3/156858746 + 45864583*m4/76174812, x4 + 311954026*m1/192782691 - 40359572*m2/29023473
- 25308289*m3/156858746 + 45864583*m4/76174812)

m5 = h * II(t + 73755049*h/110356862, x1 + 311954026*m1/192782691 - 40359572*l2/29023473 -
25308289*m3/156858746 + 45864583*m4/76174812, x2 + 311954026*m1/192782691 - 40359572*m2/29023473
- 25308289*m3/156858746 + 45864583*m4/76174812, x3 + 311954026*m1/192782691 - 40359572*m2/29023473
- 25308289*m3/156858746 + 45864583*m4/76174812, x4 + 311954026*m1/192782691 - 40359572*m2/29023473
- 25308289*m3/156858746 + 45864583*m4/76174812)
       x1 += (k1 + 2*(k2 + k3) + 2*(k3 + k4) + k5 + np.sqrt(abs(k1*k2)) + np.sqrt(abs(k2*k3)) +
np.sqrt(abs(k3*k4)) + np.sqrt(abs(k4*k5)))/ 14
       x2 += (l1 + 2*(l2 + l3) + 2*(l3 + l4) + l5 + np.sqrt(abs(l1*l2)) + np.sqrt(abs(l2*l3)) +
np.sqrt(abs(l3*l4)) + np.sqrt(abs(l4*l5)))/ 14
       x3 += (m1 + 2*(m2 + m3) + 2*(m3 + m4) + m5 + np.sqrt(abs(m1*m2)) + np.sqrt(abs(m2*m3)) +
np.sqrt(abs(m3*m4)) + np.sqrt(abs(m4*m5)))/ 14
x4 += (n1 + 2*(n2 + n3) + 2*(n3 + n4) + n5 + np.sqrt(abs(n1*n2)) + np.sqrt(abs(n2*n3)) +
np.sqrt(abs(n3*n4)) + np.sqrt(abs(n4*n5)))/ 14

       t += h
    return t_values, x1_values, x2_values, x3_values, x4_values
```

Script dari metode RK5BRH menggunakan bentuk akar dan harga mutlak, khusus bentuk akar, Selanjutnya dibangun bagaimana nilai awal, interval waktu dan ukuran langkah serta menampilkan tabel setelah penginputan data dan perhitungan menggunakan RK4BRH dituliskan sebagai berikut.

```
x10 = -1
x20 = 0
x30 = -1
x40 = 0
t0 = 0
tf = 10
h = 0.01
 t_values, w_values, x_values, y_values, z_values = RK5BRH_solver(FF, GG,
HH, II, x10, x20, x30, x40, t0, tf, h)
data = {
    "t": t_values,
    "x1": w_values,
    "x2": x_values,
    "x3": y_values,
    "x4": z_values
}
df = pd.DataFrame(data)
print(df)
```

Dari koding python, table hasil Solusi ditunjukkan pada gambar 1. Kemudian memvisualisasikan hasil simulasi melalui script di atas maka visualisasi 2 dimensi ditampilkan melalui script di bawah ini dan visualisasi melalui koding python di atas, solusi untuk $x1(t), x2(t), x3(t)$ dan $x4(t)$ masing-masing berwarna kuning, merah, biru dan hitam. Sedangkan tampilan dari $x1(t)$ adalah garis, $x2(t)$ dalah garis, $x3(t)$ dalah strip dan $x4(t)$ garis titik-titik seperti gambar2.

```
 plt.figure(figsize=(10,6))
 plt.plot(t_values, w_values, 'y-', label='x1 (w)')
```


© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

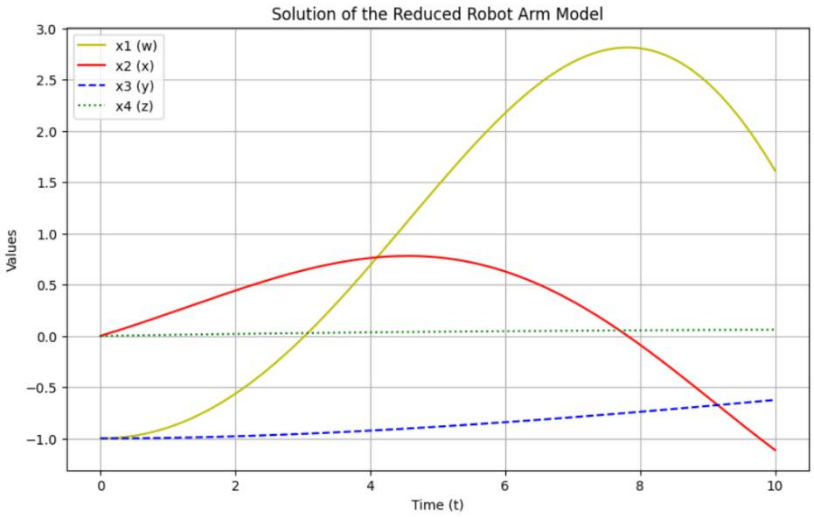
```
plt.plot(t_values, x_values, 'r-', label='x2 (x)')
plt.plot(t_values, y_values, 'b--', label='x3 (y)')
plt.plot(t_values, z_values, 'g:', label='x4 (z)')

plt.xlabel('Time (t)')
plt.ylabel('Values')
plt.title('Solution of the Reduced Robot Arm Model')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()
```

	t	x1	x2	x3	x4
0	0.00	-1.000000	0.000000	-1.000000	0.000000
1	0.01	-0.999990	0.001997	-0.999999	0.000113
2	0.02	-0.999960	0.003999	-0.999998	0.000225
3	0.03	-0.999910	0.006004	-0.999995	0.000337
4	0.04	-0.999840	0.008014	-0.999991	0.000450
...	...	...	...	...	...
996	9.96	1.656696	-1.093521	-0.626484	0.060938
997	9.97	1.645736	-1.098458	-0.625874	0.060964
998	9.98	1.634727	-1.103386	-0.625265	0.060990
999	9.99	1.623668	-1.108306	-0.624655	0.061016
1000	10.00	1.612560	-1.113218	-0.624044	0.061042

[1001 rows x 5 columns]

Gambar 1. *Output* dari pengkodingan



Gambar 2. Visualisasi ini osilasi dari variabel-variabel

Analisis Tabel Hasil Simulasi : Tabel hasil simulasi menunjukkan perubahan nilai variabel $x_1, x_2, x_3, dan\ x_4$ dalam rentang waktu 0 hingga 10 detik. Berikut beberapa poin penting dari tabel. Posisi (x_1): Nilai awal $x_1(0) = -1$ meningkat secara bertahap dan mencapai sekitar 1.65 pada $t = 10$. Ini menunjukkan bahwa posisi lengan robot mengalami perubahan signifikan. Kecepatan (x_2): Awalnya 0, kecepatan meningkat dan kemudian menurun mendekati -1.1 pada akhir simulasi. Pola ini mencerminkan adanya percepatan awal yang diikuti oleh perlambatan. Variabel x_3 dan x_4: Kedua variabel ini menunjukkan perubahan kecil namun tetap signifikan untuk menggambarkan interaksi tambahan dalam sistem.

Interpretasi Grafik Solusi Numerik : Grafik yang dihasilkan memvisualisasikan dinamika keempat variabel terhadap waktu, memberikan wawasan yang lebih jelas tentang perubahan yang terjadi. Posisi x_1 (Garis kuning): Posisi meningkat secara signifikan hingga mendekati puncak di

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

sekitar waktu $t = 8$, dan kemudian mulai menurun. Ini mencerminkan perubahan posisi sistem lengan robot akibat perubahan kondisi awal dan pengaruh kecepatan. Kecepatan x_2 (Garis merah): Pola grafik kecepatan menunjukkan peningkatan dan penurunan yang konsisten. Kecepatan maksimum dicapai sebelum mulai menurun menuju negatif, mengindikasikan perlambatan sistem di akhir waktu simulasi. Variabel x_3 (Garis biru): Nilainya meningkat perlahan dan relatif stabil, menunjukkan komponen tambahan yang memberikan stabilitas pada sistem. Variabel x_4 (Garis hijau): Menunjukkan fluktuasi kecil, mengindikasikan adanya faktor minor yang memengaruhi perubahan Pola Perubahan Dinamis : Grafik memperlihatkan pola osilasi pada posisi dan kecepatan sistem, dengan posisi mencapai nilai maksimum sebelum akhirnya menurun. Sementara itu, kecepatan berubah dari positif menjadi negatif, mengindikasikan bahwa sistem mengalami percepatan dan perlambatan dalam rentang waktu tertentu.

KESIMPULAN

Berdasarkan implementasi dan hasil simulasi, dapat disimpulkan bahwa metode Runge-Kutta Orde Lima berbobot dengan rata-rata Heronian (RK5BRH) memberikan solusi numerik yang akurat, stabil, dan konvergen dalam menyelesaikan model sistem lengan robot yang diperkecil. Penggunaan bobot dalam RK5 dan modifikasi menggunakan rata-rata Heronian telah terbukti mengurangi fluktuasi dan kesalahan perhitungan, terutama dalam sistem dinamis seperti lengan robot. Simulasi menunjukkan bahwa solusi yang dihasilkan mencerminkan pola perubahan yang stabil dan konsisten dengan dinamika yang diharapkan. Selain itu, hasil simulasi ini memperkuat potensi metode RK5BRH untuk diterapkan dalam bidang teknik dan robotika, di mana diperlukan akurasi tinggi dalam pemodelan dan kontrol. Implementasi menggunakan Python mempermudah proses analisis dan visualisasi hasil, sehingga meningkatkan efisiensi dalam memahami perilaku sistem dinamis. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan metode numerik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan IVP pada berbagai sistem non-linear.

DAFTAR PUSTAKA

Butcher, J. C. (2021). Numerical Methods for Ordinary Differential Equations. Wiley.

Chandru, M., Ponalagusamy, R., & Alphonse, P. J. A. (2017). A New Fifth-Order Weighted Runge-Kutta Algorithm Based on Heronian Mean for Initial Value Problems in Ordinary Differential Equations

Fatahillah, M., Istiqomah, & Dafik. (2021). Pemodelan Matematika pada Kasus Kecanduan Game Online Menggunakan Metode Runge-Kutta Orde 14. Limits, 19(4), 305-320.

Ifa, S. D. (2021). Pengembangan Teori Persamaan Diferensial untuk Meningkatkan Cara Berpikir Kritis Mahasiswa Pendidikan Matematika. Jurnal Inovasi Penelitian, 10(3), 150-160.

Jusriani, E., & Zulfitri, W. F. (2020). Penentuan Solusi Persamaan Diferensial Biasa Menggunakan Maple. Jurnal Axiomath, 12(1), 33-42.

Kartono, Y., & Wahyudi, S. (2015). Persamaan Diferensial: Teori dan Aplikasi. Penerbit Erlangga.

Khalil, M., & Nasser, Y. (2023). Efficient Implementation of Modified Numerical Methods for Differential Equations. Mathematics and Computers in Simulation, 62(7), 189-200.

Ludji, D. G., & Buan, F. C. H. (2022). Penerapan Metode Runge-Kutta Orde 4 pada Pemodelan Penularan Penyakit Cacar Monyet. Jurnal Saintek Lahan Kering, 15(2), 45-56.

Mangobi, J.U.L., (2023) SEIR Model Simulation with Part of Infected Mosquito Eggs, BAREKENG: Journal of Mathematics and Its Applications, 17(3), 1641–1652

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Nasution, H., Alamsyah, F., & Surbakti, N.M., (2024), Analisis Matematika Efektifitas Vaksin Pada Pengendalian Penyebaran Covid-19 di Provinsi Sumatera Utara, *Jurnal Matematika UNAND*, 12(3), 229 – 244

Nitzan, A., et al. (2021). Modeling of Ecological Dynamics Using Differential Equations. Ecological Modelling, 35(1-2), 191-204.

Rangkuti, Y.M., Side, S., & Noorani, M.S.M., (2014), Numerical analytic solution of SIR model of dengue fever disease in south Sulawesi using homotopy perturbation method and variational iteration method, *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences,* 46(1), 91-105

Rangkuti, Y.M., Al Idrus, S.S, Tarigan, D.D. (2021), Pengantar Pemrograman Python, Media Sains Indonesia, Bandung

Rismayanti, L., & Susanto, H. (2022). Numerical Solutions for Epidemic Models Using the Runge-Kutta Method. Journal of Epidemiological Research, 18(3), 235-248.

Romzi & Kurniawan. B., (2020). Pembelajaran Pemrograman Python Dengan Pendekatan Logika Algoritma . JTIM: Jurnal Teknik Informatika Mahakarya, 37- 44

Syahrudin, A.N, Kurniawan. T., (2018). Input Dan Output Pada Bahasa Pemrograman Python. Jurnal Dasar Pemrograman Python STMIK, 1-7.

Vázquez, J., et al. (2023). Data Analysis and Modeling Using Python: Applications in Biomedicine. Journal of Biomedical Informatics, 45(2), 100-115.

Yoda, Y., Ouedraogo, H., Ouedraogo, D. & Guiro, A., (2024), Mathematical analysis and optimal control of Dengue fever epidemic model, *Advances in Continuous and Discrete Models*, 2024:11, 1-33

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pembangunan sintax Python berbasis Metode Modifikasi Runge-Kutta Verner untuk menunjukkan perilaku bulliying

Rizky Ramadhan[1], Yulita Molliq Rangkuti[2], Isaac Paul[3], Azura Calista[4]
[1,2,3,4,]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author: azuracalista9@gmail.com*

Abstrak, Metode Runge-Kutta Verner yang dimodifikasi adalah salah satu pendekatan yang menawarkan peningkatan akurasi dan efisiensi dalam penyelesaian ODE. Model persamaan diferensial yang digunakan adalah model osilasi harmonik dari Fay dan Graham (2003) yang melibatkan dua pegas dan dua massa. Tujuan utama artikel ini adalah untuk menegaskan potensi metode ini sebagai alat yang efektif dalam analisis persamaan diferensial dalam konteks teknik. Metode yang digunakan adalah simulasi numerik dengan perbandingan hasil analitik sebagai acuan, serta evaluasi kinerja metode melalui perhitungan Symmetric Mean Absolute Percentage Error (SMAPE). Hasilnya menunjukkan bahwa metode Runge-Kutta Fehlberg memberikan hasil yang paling akurat dengan nilai kesalahan terkecil dibandingkan metode lainnya, sementara metode Euler memiliki kesalahan terbesar.
Kata kunci: Runge-Kutta Verner; osilasi harmonic; SMAPE.

Abstract, *The modified Runge-Kutta Verner method is one approach that offers improved accuracy and efficiency in solving ODEs. The differential equation model used is the harmonic oscillation model of Fay and Graham (2003) involving two springs and two masses. The main objective of this article is to emphasize the potential of this method as an effective tool in the analysis of differential equations in an engineering context. The method used is numerical simulation with comparison to analytical results as reference, as well as evaluation of the method's performance through Symmetric Mean Absolute Percentage Error (SMAPE) calculation. The results show that the Runge-Kutta Fehlberg method gives the most accurate results with the smallest error value compared to other methods, while the Euler method has the largest error.*
Keywords*: Runge-Kutta verner; harmonic oscillation; SMAPE;*

Citation :Ramadhan, R., dkk. (2024). Pembangunan sintax Python berbasis Metode Modifikasi Runge-Kutta Verner untuk menunjukkan perilaku bulliying. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 224 – 231

PENDAHULUAN

Bullying atau perundungan di Indonesia merupakan masalah yang cukup serius dan telah menjadi perhatian banyak pihak (Asya dkk (2024)). Di Indonesia, prevalensi perundungan terjadi pada usia 13-17 tahun dan data UNICEF tahun 2020 menunjukkan bahwa dua dari tiga anak pernah mengalami setidaknya satu jenis Tindakan perundungan, yang tiga dari empat di antaranya dilakukan oleh sebaya mereka (UNICEF, 2020). Sejumlah penelitian bullying sebelumnya telah dilakukan oleh Al-Rahmi et al. (2018), Ashi (2021) dan Asya dkk (2024) namun hanya sedikit yang meneliti tentang model matematika, penggunaan metode untuk melihat perilaku jumlah populasi dan analisis kontrol pada kasus pembullyan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengatasi pengaruh big data terhadap masalah perundungan sosial, khususnya terkait korban bullying. Model matematika yang direkomendasikan oleh Asya dkk (2024) dituliskan pada persamaan 1 – 3.

$$\frac{dS}{dt} = \mu - \alpha SB - \mu S, \tag{1}$$

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

$$\frac{dB}{dt} = \alpha SB - \beta B - \mu B \quad (2)$$

$$\frac{dP}{dt} = \beta B - \mu P \quad (3)$$

dimana S adalah individu yang rentang menjadi korban bullying, B adalah individu yang telah menjadi korban bullying, P adalah individu yang bebas atau pasca bullying, μ adalah angka kelahiran dan kematian alami, α adalah Laju Individu yang merasakan Intimidasi atau ancaman: Korban sering kali mengalami intimidasi fisik, verbal, atau non-verbal, β adalah Laju Individu yang melakukan pelatihan keterampilan sosial dan emosional: Mengajarkan keterampilan sosial dan emosional kepada korban bullying untuk membantu mereka menghadapi situasi sulit, membangun kepercayaan diri, dan mengembangkan hubungan yang sehat dengan orang lain.

Model matematika jenis tidak dapat diselesaikan dengan menggunakan teknik analisis, sehingga diperlukan perangkat lunak untuk menyelesaikan persamaan diferensial secara numerik. Metode Runge-Kutta Verner yang Dimodifikasi (MRKV) adalah metode Runge kutta yang diperbaiki untuk menghasilkan solusi yang lebih akurat dibandingkan metode standar Runge-Kutta. Metode ini memanfaatkan serangkaian tahap perhitungan untuk menghasilkan estimasi solusi yang lebih baik pada setiap langkah waktu. Metode MRKV dapat menjaga kestabilan numerik yang tinggi, terutama dalam menangani sistem nonlinier (Jones, 2019). Ada banyak program matematika yang tersedia untuk tujuan ini seperti Matlab (Nasution et al. ((2024), Matematica (Mangobi (2023)), dan Maple (Rangkuti et al, (2014). Selain itu, bahasa pemrograman python juga bisa menyelesaikan persamaan diferensial secara numerik (Yoda et al. (2024))

Python diciptakan oleh Guido van Rossum pada akhir 1980-an, dan dirilis pertama kali pada tahun 1991. Van Rossum mengembangkan Python dengan tujuan untuk membuat bahasa pemrograman yang mudah dipelajari dan digunakan, tetapi tetap kuat dan fleksibel untuk menangani berbagai tugas. Python kini menjadi salah satu bahasa pemrograman yang paling populer, terutama di kalangan ilmuwan komputer, ilmuwan data, dan insinyur (Peterson (2023), Rangkuti et al. (2021), Romzil & Kurniawan (2020), Syahrudin & Kurniawan (2018)). Python digunakan untuk implementasi simulasi ini karena fleksibilitas dan kekayaannya dalam library ilmiah. NumPy digunakan untuk perhitungan numerik, dan Matplotlib digunakan untuk visualisasi hasil. Python juga sangat populer di kalangan ilmuwan data dan insinyur karena sintaksisnya yang mudah dipahami dan kemampuannya untuk menangani komputasi skala besar (Rangkuti et al. (2021), Romzil & Kurniawan (2020), Syahrudin & Kurniawan (2018)). Library utama yang digunakan dalam simulasi ini meliputi: (a) NumPy: Untuk melakukan perhitungan numerik pada array multi-dimensi dan melakukan operasi dalam matematika menggunakan library NumPy. (b) Matplotlib: Untuk memvisualisasikan hasil simulasi dalam bentuk grafik 2D dan 3D, termasuk plot lintasan $x(t), y(t), z(t)$ serta diagram fase dan lintasan 3D dari ruang fase menggunakan libraby import matplotlib.pyplot as plt dan from mpl_toolkits import mplot3d, (c) pandas: untuk membuat tabel melalui dataframe menggunakan library import pandas as pd (Peterson (2023), Rangkuti et al. (2021), Romzil & Kurniawan (2020), Syahrudin & Kurniawan (2018). Tujuan utama dari artikel ini adalah untuk menemukan solusi dari model SBP umenggunakan Metode MRKV. Pada syntax Python akan dibangun metode input pada pendefinisian fungsi $f(t, x, y)$, syarat awal, interval waktu dan ukuran langkah. Dalam syntax juga hasil solusi ditampilkan dengan grafik dan tabel.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

METODE MODIFIKASI RUNGE-KUTTA VERNER

Metode Modifikasi Runge-Kutta Verner (MRKV) telah ditemukan oleh Simos dan Papakaliatakis pada tahun (1998) (Simos & Papakaliatakis (1998)) untuk menyelesaiakan masalah nilai awal dan nilai batas dengan aplikasi teknik. Berdasarkan metode Runge±Kutta Verner orde keenam yang terkenal (Verner (1991)), Simos & Papakaliatakis memperoleh metode MRKV eksplisit. Pada artikel ini penulis akan menyelesaikan sistem persamaan diferensial nonlinier berikut

$$x_{i+1} = x_1 + \left(\frac{1811899}{8319465}k_1 - \frac{19076}{554631}k_2 - \frac{59736}{132055}k_3 + \frac{39475952}{58236255}k_4 + \frac{96832}{924385}k_5 + \frac{32455500}{11647251}k_6 + \frac{2250}{26411}k_7 + \frac{800}{33957}k_8 + \frac{160}{1617}k_9\right),$$

$$y_{i+1} = y_i + \left(\frac{1811899}{8319465}l_1 - \frac{19076}{554631}l_2 - \frac{59736}{132055}l_3 + \frac{39475952}{58236255}l_4 + \frac{96832}{924385}l_5 + \frac{32455500}{11647251}l_6 + \frac{2250}{26411}l_7 + \frac{800}{33957}l_8 + \frac{160}{1617}l_9\right),$$

dimana

$k_1 = hf(t_i, x_i);\ l_1 = hg(t_i, y_i)$

$k_2 = hf\left(t_i + \frac{1}{8}h, x_i + \frac{1}{8}k_1\right);\ l_2 = hg\left(t_i + \frac{1}{8}h, y_i + \frac{1}{8}l_1\right)$

$k_3 = hf\left(t_i + \frac{1}{6}h, x_i + \frac{1}{18}k_1 + \frac{1}{8}k_2\right);\ l_3 = hg\left(t_i + \frac{1}{6}h, y_i + \frac{1}{18}l_1 + \frac{1}{8}l_2\right)$

$k_4 = hf\left(t_i + \frac{1}{4}h, x_i + \frac{1}{16}k_1 + \frac{3}{16}k_3\right);\ l_4 = hg\left(t_i + \frac{1}{4}h, y_i + \frac{1}{16}l_1 + \frac{3}{16}l_3\right)$

$k_5 = hf\left(t_i + \frac{1}{2}h, x_i + \frac{1}{4}k_1 - \frac{3}{4}k_3 + k_4\right);\ l_5 = hg\left(t_i + \frac{1}{2}h, y_i + \frac{1}{4}l_1 - \frac{3}{4}l_3 + l_4\right)$

$k_6 = hf\left(t_i + \frac{3}{5}h, x_i + \frac{134}{625}k_1 - \frac{333}{625}k_3 + \frac{476}{625}k_4 + \frac{98}{625}k_5\right);$

$l_5 = hg\left(t_i + \frac{3}{5}h, y_i + \frac{134}{625}l_1 - \frac{333}{625}l_3 + \frac{476}{625}l_4 + \frac{98}{625}l_5\right)$

$k_7 = hf\left(t_i + \frac{4}{5}h, x_i - \frac{98}{1875}k_1 + \frac{12}{625}k_3 - \frac{10736}{13125}k_4 + \frac{1936}{1875}k_5 + \frac{22}{21}k_6\right);$

$l_7 = hg\left(t_i + \frac{4}{5}h, y_i - \frac{98}{1875}l_1 + \frac{12}{625}l_3 - \frac{10736}{13125}l_4 + \frac{1936}{1875}l_5 + \frac{22}{21}l_6\right)$

$k_8 = hf\left(t_i + h, x_i + \frac{9}{50}k_1 + \frac{21}{25}k_3 - \frac{2924}{1+25}k_4 + \frac{74}{25}k_5 - \frac{15}{7}k_6 + \frac{15}{25}k_7\right);$

$l_8 = hg\left(t_i + h, y_i + \frac{9}{50}l_1 + \frac{21}{25}l_3 - \frac{2924}{1+25}l_4 + \frac{74}{25}l_5 - \frac{15}{7}l_6 + \frac{15}{25}l_7\right)$

$k_9 = hf\left(t_i + h, x_i + \frac{11}{144}k_1 + \frac{256}{693}k_4 + \frac{125}{504}k_6 + \frac{125}{528}k_7 + \frac{15}{22}k_8\right);$

$l_9 = hg\left(t_i + h, y_i + \frac{11}{144}l_1 + \frac{256}{693}l_4 + \frac{125}{504}l_6 + \frac{125}{528}l_7 + \frac{15}{22}l_8\right)$

$$x_{i+1} = x_1 + \left(\frac{1811899}{8319465}k_1 - \frac{19076}{554631}k_2 - \frac{59736}{132055}k_3 + \frac{39475952}{58236255}k_4 + \frac{96832}{924385}k_5 + \frac{32455500}{11647251}k_6 + \frac{2250}{26411}k_7 + \frac{800}{33957}k_8 + \frac{160}{1617}k_9\right).$$

Disini $k_i, i = 1,2,\dots,9$ adalah evaluasi dari fungsi $f(t,x,y)$ dan $g(t,x,y)$ pada titik-titik tertentu dalam setiap langkah waktu, dan ai adalah koefisien yang digunakan dalam metode ini. Koefisien dan titik evaluasi ini disusun secara spesifik untuk meminimalkan error global dan memastikan kestabilan solusi.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Syntax Python sudah dibangun pada media ujicoba untuk mendapatkan Solusi dari model SBP dengan syarat awal $S_0 = 0.3534, B_0 = 0.1323, P_0 = 0.4419$, parameter $\mu = 0.1675, \alpha = 0.3740, \beta = 0.2994$, untuk interval waktu $0 \leq t \leq 12$ dan ukuran langkah $h = 0.001$. Script dimulai dengan mendefinisikan beberapa library pendukung dan Library yang dipilih mendukung pengoperasian rumus matematika import numpy as np, pembuatan grafik import matplotlib.pyplot as plt serta pembuatan tabel import pandas as pd. Pada script python juga dibangun penginputan parameter untuk mencari parameter terbaik melihat sistem Rossler berperilaku kacau atau tidak. Script python dapat diilihat di bawah ini:

```
# Modifikasi Runge Kutta Verner
import math
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
# Fungsi untuk mendapatkan input fungsi dari pengguna
def Fget_function_input(prompt):
    while True:
        try:
            func = input(prompt)
            FF = eval("lambda t, SS, BB, PP : " + func)
            # Uji fungsi dengan nilai t, SS, BB, dan PP sembarang
            FF(0, 0, 0, 0)
            return FF, func
        except:
            print("Input fungsi tidak valid. Silakan coba lagi.")
def Gget_function_input(prompt):
    while True:
        try:
            func = input(prompt)
            GG = eval("lambda t, SS, BB, PP : " + func)
            # Uji fungsi dengan nilai t, SS, BB, dan PP sembarang
            GG(0, 0, 0, 0)
            return GG, func
        except:
            print("Input fungsi tidak valid. Silakan coba lagi.")
def Hget_function_input(prompt):
    while True:
        try:
            func = input(prompt)
            HH = eval("lambda t, SS, BB, PP : " + func)
            # Uji fungsi dengan nilai t, SS, BB, dan PP sembarang
            HH(0, 0, 0, 0)
            return HH, func
        except:
          print("Input fungsi tidak valid. Silakan coba lagi.")
```

Disini, fungsi di definisikan terdapat tiga fungsi yaitu fungsi FF, GG, dan HH dengan membedakan variabel SS, BB, dan PP. Kemudian metode MRKV dibangun seperti syntax berikut.

```
# Metode Runge-Kutta Orde 4 Classic
```


© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

```
def MRKV_solver(FF, GG, HH, SS0, BB0, PP0, t0, tf, h):
      t_values = []
      SS_values = []
      BB_values = []
      PP_values = []
      t = t0
      SS = SS0
      BB = BB0
      PP = PP0
      while t <= tf:
      t_values.append(t)
      SS_values.append(SS)
      BB_values.append(BB)
      PP_values.append(PP)
      k1 = h * FF(t, SS, BB, PP)
      l1 = h * GG(t, SS, BB, PP)
      m1 = h * HH(t, SS, BB, PP)
      k2 = h * FF(t + h/8, SS + k1/8, BB + k1/8, PP + k1/8)
      l2 = h * GG(t + h/8, SS + l1/8, BB + l1/8, PP + l1/8)
      m2 = h * HH(t + h/8, SS + m1/8, BB + m1/8, PP + m1/8)
      k3 = h * FF(t + h/6, SS + k1/18 + k2/8, BB + k1/18 + k2/8, PP + k1/18 + k2/8)
      l3 = h * GG(t + h/6, SS + l1/18 + l2/8, BB + l1/18 + l2/8, PP + l1/18 + l2/8)
      m3 = h * HH(t + h/6, SS + m1/18 + m2/8, BB + m1/18 + m2/8, PP + m1/18 + m2/8)
      k4 = h * FF(t + h/4, SS + k1/16 + 3*k3/16, BB + k1/16 + 3*k3/16, PP + k1/16 + 3*k3/16)
      l4 = h * GG(t + h/4, SS + l1/16 + 3*l3/16, BB + l1/16 + 3*l3/16, PP + l1/16 + 3*l3/16)
      m4 = h * HH(t + h/4, SS + m1/16 + 3*m3/16, BB + m1/16 + 3*m3/16, PP + m1/16 + 3*m3/16)
      k5 = h * FF(t + h/2, SS + k1/4 - 3*k3/4 + k4, BB + k1/4 - 3*k3/4 + k4, PP + k1/4 - 3*k3/4 +
k4)
      l5 = h * GG(t + h/2, SS + l1/4 - 3*l3/4 + k4, BB + l1/4 - 3*l3/4 + l4, PP + l1/4 - 3*l3/4 +
l4)
      m5 = h * HH(t + h/2, SS + m1/4 - 3*m3/4 + k4, BB + m1/4 - 3*m3/4 + m4, PP + m1/4 - 3*m3/4 +
m4)
      k6 = h * FF(t + 4*h/5, SS + 134*k1/625 - 333*k3/625 + 476*k4/625 + 98*k5/625, BB + 134*k1/625
- 333*k3/625 + 476*k4/625 + 98*k5/625, PP + 134*k1/625 - 333*k3/625 + 476*k4/625 + 98*k5/625)
      l6 = h * GG(t + 4*h/5, SS + 134*l1/625 - 333*l3/625 + 476*l4/625 + 98*l5/625, BB + 134*l1/625
- 333*l3/625 + 476*l4/625 + 98*l5/625, PP + 134*l1/625 - 333*l3/625 + 476*l4/625 + 98*l5/625)
      m6 = h * HH(t + 4*h/5, SS + 134*m1/625 - 333*m3/625 + 476*m4/625 + 98*m5/625, BB + 134*m1/625
- 333*m3/625 + 476*m4/625 + 98*m5/625, PP + 134*m1/625 - 333*m3/625 + 476*m4/625 + 98*m5/625)
      k7 = h * FF(t + 4*h/5, SS - 98*k1/1875 + 12*k3/625 - 410736*k4/13125 - 1936*k5/1875 +
22*k6/21, BB - 98*k1/1875 + 12*k3/625 - 410736*k4/13125 - 1936*k5/1875 + 22*k6/21, PP - 98*k1/1875
+ 12*k3/625 - 410736*k4/13125 - 1936*k5/1875 + 22*k6/21)
      l7 = h * GG(t + 4*h/5, SS - 98*l1/1875 + 12*l3/625 - 410736*l4/13125 - 1936*l5/1875 +
22*l6/21, BB - 98*l1/1875 + 12*l3/625 - 410736*l4/13125 - 1936*l5/1875 + 22*l6/21, PP - 98*l1/1875
+ 12*l3/625 - 410736*l4/13125 - 1936*l5/1875 + 22*l6/21)
      m7 = h * HH(t + 4*h/5, SS - 98*m1/1875 + 12*m3/625 - 410736*m4/13125 - 1936*m5/1875 +
22*m6/21, BB - 98*m1/1875 + 12*m3/625 - 410736*m4/13125 - 1936*m5/1875 + 22*m6/21, PP - 98*m1/1875
+ 12*m3/625 - 410736*m4/13125 - 1936*m5/1875 + 22*m6/21)
      k8 = h * FF(t + h, SS + 90*k1/50 + 21*k3/25 - 2924*k4/1925 + 74*k5/25 -15*k6/7 +15*k7/22,
BB + 90*k1/50 + 21*k3/25 - 2924*k4/1925 + 74*k5/25 -15*k6/7 +15*k7/22, PP + 90*k1/50 + 21*k3/25 -
2924*k4/1925 + 74*k5/25 -15*k6/7 +15*k7/22)
      l8 = h * GG(t + h, SS + 90*l1/50 + 21*l3/25 - 2924*l4/1925 + 74*l5/25 -15*l6/7 +15*l7/22,
BB + 90*l1/50 + 21*l3/25 - 2924*l4/1925 + 74*l5/25 -15*l6/7 +15*l7/22, PP + 90*l1/50 + 21*l3/25 -
2924*l4/1925 + 74*l5/25 -15*l6/7 +15*l7/22)
      m8 = h * HH(t + h, SS + 90*m1/50 + 21*m3/25 - 2924*m4/1925 + 74*m5/25 -15*m6/7 +15*m7/22,
BB + 90*m1/50 + 21*m3/25 - 2924*m4/1925 + 74*m5/25 -15*m6/7 +15*m7/22, PP + 90*m1/50 + 21*m3/25 -
2924*m4/1925 + 74*m5/25 -15*m6/7 +15*m7/22)
      k9 = h * FF(t + h, SS + 11*k1/144 + 256*k4/693 + 125*k6/504 +125*k7/528 +15*k8/22, BB +
11*k1/144 + 256*k4/693 + 125*k6/504 +125*k7/528 +15*k8/22, PP + 11*k1/144 + 256*k4/693 + 125*k6/504
+125*k7/528 +15*k8/22)
```


© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

```
    l9 = h * GG(t + h, SS + 11*l1/144 + 256*l4/693 + 125*l6/504 +125*l7/528 +15*l8/22, BB +
11*l1/144 + 256*l4/693 + 125*l6/504 +125*l7/528 +15*l8/22, PP + 11*l1/144 + 256*l4/693 + 125*l6/504
+125*l7/528 +15*l8/22)
    m9 = h * HH(t + h, SS + 11*m1/144 + 256*m4/693 + 125*m6/504 +125*m7/528 +15*m8/22, BB +
11*m1/144 + 256*m4/693 + 125*m6/504 +125*m7/528 +15*m8/22, PP + 11*m1/144 + 256*m4/693 + 125*m6/504
+125*m7/528 +15*m8/22)
    SS = SS + (1811899*k1/8319465 - 19076*k2/554631 - 59736*k3/132055 + 39475952*k4/58236255 +
96832*k5/924385 + 3245500*k6/11647251 + 2250*k7/26411 + 800*k8/33957 + 160*k9/1617)
    BB = BB + (1811899*l1/8319465 - 19076*l2/554631 - 59736*l3/132055 + 39475952*l4/58236255 +
96832*l5/924385 + 3245500*l6/11647251 + 2250*l7/26411 + 800*l8/33957 + 160*l9/1617)
    PP = PP + (1811899*m1/8319465 - 19076*m2/554631 - 59736*m3/132055 + 39475952*m4/58236255 +
96832*m5/924385 + 3245500*m6/11647251 + 2250*m7/26411 + 800*m8/33957 + 160*m9/1617)
    t = t + h
    return t_values, SS_values, BB_values, PP_values
```

Selajutnya untuk menunjukkan fleksibilitas script python nilai awal, interval waktu dan ukuran langkah di masukkan dengan koding inputan seperti script berikut. Kemudian setelah inputan dibangun, akan dihasilkan tampilan Gambar 1.

```
# Mendapatkan input fungsi dari pengguna
FF, F_str = Fget_function_input("Masukkan fungsi FF(t, SS, BB, PP): ")
GG, G_str = Gget_function_input("Masukkan fungsi GG(t, SS, BB, PP): ")
HH, H_str = Hget_function_input("Masukkan fungsi HH(t, SS, BB, PP): ")
SS0 = float(input("Masukkan nilai SS0 (kondisi awal): "))
BB0 = float(input("Masukkan nilai BB0 (kondisi awal): "))
PP0 = float(input("Masukkan nilai PP0 (kondisi awal): "))
t0 = float(input("Masukkan nilai t0 (waktu awal): "))
tf = float(input("Masukkan nilai tf (waktu akhir): "))
h = float(input("Masukkan nilai h (step size): "))
t_values, SS_values, BB_values, PP_values = MRKV_solver(FF, GG, HH, SS0, BB0, PP0, t0, tf,
h)
```

```
Masukkan fungsi FF(t, SS, BB, PP):  0.1675 - 0.3740*SS*BB - 0.1675*SS
Masukkan fungsi GG(t, SS, BB, PP):  0.3740*SS*BB - 0.2994*BB - 0.1675*BB
Masukkan fungsi HH(t, SS, BB, PP):  0.2994*BB - 0.1675*PP
Masukkan nilai SS0 (kondisi awal):  0.3534
Masukkan nilai BB0 (kondisi awal):  0.1323
Masukkan nilai PP0 (kondisi awal):  0.4419
Masukkan nilai t0 (waktu awal):  0
Masukkan nilai tf (waktu akhir):  12
Masukkan nilai h (step size):  0.001
```

Gambar 1. Tampilan hasil pengkodingan

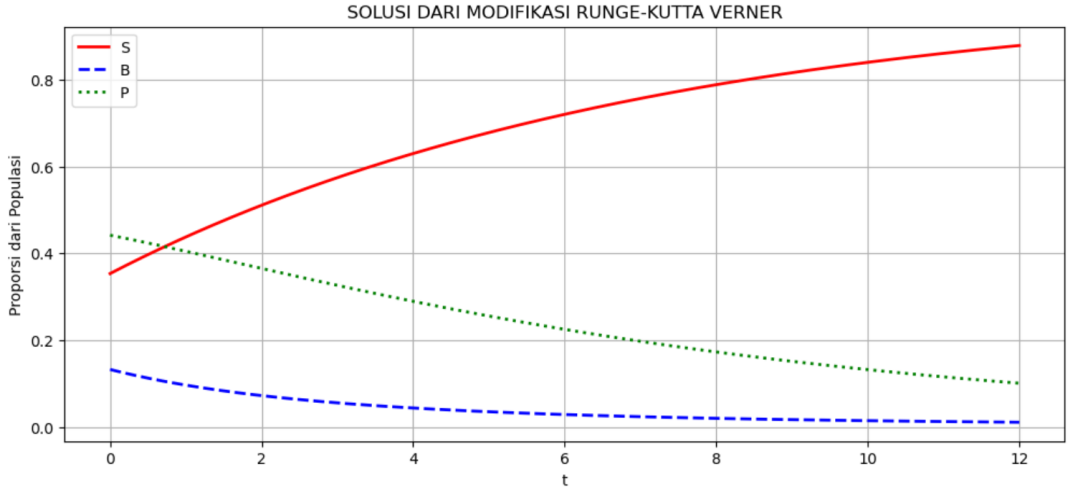
Kemudian menampilkan tabel setelah penginputan data dan perhitungan menggunakan metode MRKV serta memvisualisasikan hasil simulasi melalui script di atas maka visualisasi 2 dimensi ditampilkan melalui script berikut. Hasil Output tabel dapat dilihat pada gambar 2 dan visualisasinya dapat dilihat pada gambar 3.

```
# Membuat tabel data
data = {
    "t": t_values,
    "S": SS_values,
    "B": BB_values,
    "P": PP_values
}
df = pd.DataFrame(data)
print(df)
```

```
# Plot hasil
plt.figure(figsize=(12,5))
plt.plot(t_values, SS_values,'r-',linewidth=2,label='S')
plt.plot(t_values, BB_values,'b--',linewidth=2,label='B')
plt.plot(t_values, PP_values,'g:',linewidth=2,label='P')
plt.xlabel('t')
plt.ylabel('Proporsi dari Populasi')
plt.title('SOLUSI DARI MODIFIKASI RUNGE-KUTTA VERNER')
plt.grid(True)
plt.legend()
    plt.show()
```

	t	S	B	P
0	0.000	0.353400	0.132300	0.441900
1	0.001	0.353491	0.132256	0.441866
2	0.002	0.353582	0.132211	0.441831
3	0.003	0.353673	0.132167	0.441797
4	0.004	0.353763	0.132123	0.441762
...	...	...	...	...
11996	11.996	0.879207	0.010624	0.100647
11997	11.997	0.879224	0.010623	0.100634
11998	11.998	0.879241	0.010621	0.100620
11999	11.999	0.879258	0.010620	0.100606
12000	12.000	0.879275	0.010618	0.100593

Gambar 2. Output berupa tabel



Gambar 3. Visualisasi dari hasil solusi model matematika SBP untuk $0 \leq t \leq 12$.

Visualisasi melalui koding python di atas, solusi untuk $S(t), B(t), , P(t)$ masing-masing berwarna merah, biru dan hijau. Sedangkan tampilan dari $S(t)$ adalah garis, $B(t)$ dalah strip dan $P(t)$ garis titik-titik Hasil visualisasi 3 dimensi yang dibangun dari python sama dengan gambar yang dibangun oleh Asya dkkl. (2024).

KESIMPULAN

Pada artikel ini, sistem persamaan diferensial nonlinier dalam bentuk model matematika SBP untuk kasus bullying telah di selesaikan metode MRKV dengan membangun syntak Python. Model BSP terdiri dari tiga variabel dengan syarat awal $S_0 = 0.3534, B_0 = 0.1323, P_0 = 0.4419$, parameter $\mu = 0.1675, \alpha = 0.3740, \beta = 0.2994$, untuk interval waktu $0 \leq t \leq 12$ dan ukuran langkah $h = 0.001$. telah diinput ke dalam syntax Python. Dari hasil simulasi, gambar grafik model BSP sama dengan grafik yang terdapat pada Asya ddkk (2024).Dengan demikian, syntax

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Python berhasil dibangun berbasis metode MRKV untuk menunjukkan solusi model SBP kasus bullying. Dengan begitu, solusi dari model matematika tiga variabel yang lebih kompleks dapat diselesaikan dengan mudah

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian artikel ini

DAFTAR PUSTAKA

Ashi, 2021, Stability analysis of a simple mathematical model for school bullying, AIMS Mathematics, 7(4), 4936–4945

Asya, Z.A.R., Damang, D., Side, S., Yusuf , M.R., SAP, & Pratama, M.I, (2024), Solusi Masalah Bullying Menggunakan Pemodelan Matematika dengan Bimbingan dan Kounseling Pada Pelajar Madrasah di Kabupaten Gowa, *Proximal: Jurnal Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika*, 7 (2), 604-615

Jones, T. (2019). *Modified Runge-Kutta Methods for Differential Equations*. International Journal of Applied Mathematics.

Mangobi, J.U.L., (2023) SEIR Model Simulation with Part of Infected Mosquito Eggs, BAREKENG: Journal of Mathematics and Its Applications, 17(3), 1641–1652

Nasution, H., Alamsyah, F., & Surbakti, N.M., (2024), Analisis Matematika Efektifitas Vaksin Pada Pengendalian Penyebaran Covid-19 di Provinsi Sumatera Utara, *Jurnal Matematika UNAND*, 12(3), 229 – 244

Peterson, D. (2023). *The Development of Python: A Historical Perspective*. International Journal of Programming Languages

Rangkuti, Y.M., Side, S., & Noorani, M.S.M., (2014), Numerical analytic solution of SIR model of dengue fever disease in south Sulawesi using homotopy perturbation method and variational iteration method, *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*, 46(1), 91-105

Rangkuti, Y.M., Al Idrus, S.S, Tarigan, D.D. (2021), Pengantar Pemrograman Python, Media Sains Indonesia, Bandung

Romzi & Kurniawan. B., (2020). Pembelajaran Pemrograman Python Dengan Pendekatan Logika Algoritma . JTIM: Jurnal Teknik Informatika Mahakarya, 37- 44

Simos, T.E., & Papakaliatakis, G. (1998). Modified Runge-Kutta Verner methods for the numerical solution of initial and boundary-value problems with engineering applications. Applied Mathematical Modelling.

Syahrudin, A.N, Kurniawan. T., (2018). Input Dan Output Pada Bahasa Pemrograman Python. Jurnal Dasar Pemrograman Python STMIK, 1-7.

Verner, J. H. (2017). *Optimized Runge-Kutta Methods with Precision*. *Journal of Computational and Applied Mathematics.*

Yoda, Y., Ouedraogo, H., Ouedraogo, D. & Guiro, A., (2024), Mathematical analysis and optimal control of Dengue fever epidemic model, *Advances in Continuous and Discrete Models*, 2024:11, 1-33

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pembangunan Algoritma Runge-Kutta Fehlberg dengan Python untuk menyelesaikan Sistem Osilasi Harmonik

Bryan Ahmad Fahrezi[1*], Syafira Istiara[2], M Rafli Dewantara Siregar[3], Yulita Molliq Rangkuti[4]
[1,2,3,4,]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:bryanahmadf@gmail.com*

Abstrak, Artikel ini membahas penggunaan metode Runge-Kutta Fehlberg dalam menyelesaikan persamaan diferensial yang menggambarkan dinamika osilasi harmonik sederhana. Metode ini digunakan untuk mengintegrasikan persamaan diferensial orde dua yang diubah menjadi sistem persamaan diferensial orde satu. Dengan kontrol kesalahan adaptif, metode Runge-Kutta Fehlberg mampu menghasilkan solusi yang akurat dengan efisiensi komputasi yang tinggi. Implementasi metode ini dilakukan menggunakan Python, yang menyediakan fasilitas untuk penyelesaian numerik dan visualisasi hasil. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa perpindahan x(t) dan kecepatan v(t) berosilasi secara periodik, sesuai dengan perilaku osilasi harmonik yang diharapkan. Selain itu, grafik tiga dimensi memberikan representasi visual yang lebih jelas dari hubungan antara waktu, perpindahan, dan kecepatan. Hasil Artikel ini menegaskan bahwa metode Runge-Kutta Fehlberg merupakan pilihan yang efisien dan akurat untuk memecahkan masalah dinamika osilasi harmonik.
Kata kunci: Kontrol Kesalahan Adaptif; Osilasi Harmonik; Persamaan Diferensial; Python; Runge-Kutta Fehlberg, Solusi Numerik.

Abstract, *This study explores the application of the Runge-Kutta Fehlberg method in solving differential equations that describe the dynamics of simple harmonic oscillations. The method is applied to integrate a second-order differential equation, which is transformed into a system of first-order differential equations. With adaptive error control, the Runge-Kutta Fehlberg method provides accurate solutions while maintaining computational efficiency. The implementation was carried out using Python, which facilitates both numerical solutions and result visualization. The numerical results show that the displacement x(t)x(t)x(t) and velocity v(t)v(t)v(t) oscillate periodically, in accordance with the expected harmonic behavior. Furthermore, the 3D graph offers a clear visual representation of the relationship between time, displacement, and velocity. This study demonstrates that the Runge-Kutta Fehlberg method is an efficient and accurate approach for solving harmonic oscillation dynamics problems.*
Keywords*: Adaptive Error Control; Differential Equations; Harmonic Oscillations; Numerical Solutions; Python; Runge-Kutta Fehlberg.*

Citation : Fahrezi, B. A., dkk. (2024). Pembangunan Algoritma Runge-Kutta Fehlberg dengan Python untuk menyelesaikan Sistem Osilasi Harmonik. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 232 – 239

PENDAHULUAN

Fenomena dinamika osilasi harmonik sederhana sering dijumpai dalam berbagai bidang seperti fisika, teknik, dan astronomi. Persamaan diferensial yang menggambarkan gerak osilasi ini biasanya merupakan persamaan diferensial orde dua. Persamaan ini sering diaplikasikan pada fenomena fisik seperti getaran mekanis dan gerakan pendulu (Ramadhan, 2021). Dalam konteks teknologi saat ini, analisis getaran menjadi sangat penting untuk memastikan keamanan struktural pada bangunan dan jembatan yang terkena beban berosilasi (Resmawan et al., 2023). Penggunaan metode numerik diperlukan untuk menyelesaikan persamaan ini karena metode analitik sering kali tidak efisien dan kurang fleksibel dalam menangani sistem kompleks (Rusmini et al., 2022). Salah satu metode yang sangat populer adalah metode Runge-Kutta Fehlberg, yang memungkinkan kontrol kesalahan adaptif dalam proses integrasi numerik. Persamaan diferensial untuk osilasi harmonik sederhana biasanya

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dinyatakan dalam bentuk persamaan 1. Dimana $x(t)$ adalah perpindahan dari posisi keseimbangan, dan ω adalah frekuensi sudut. Persamaan ini dapat diubah menjadi sistem persamaan diferensial orde satu:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0, \quad (1)$$

$$\frac{dx}{dt} = v, \quad (2)$$

$$\frac{dv}{dt} = -\omega^2 x \quad (3)$$

Dimana $v = \frac{dx}{dt}$, kita sekarang memiliki sistem dua persamaan diferensial orde satu yang dapat diselesaikan menggunakan metode Runge-Kutta Fehlberg. Untuk menerapkan RKF, kita perlu memecah masalah ini menjadi dua bagian, dx/dt dan dv/dt, kemudian menggunakan algoritma RKF untuk menghitung posisi $x(t)$ dan kecepatan $v(t)$ dalam interval waktu yang diinginkan(Rahmatullah et al., 2020; Selvira et al., 2020)

Berbagai metode telah digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial dalam kasus osilasi harmonik. Salah satunya adalah metode Euler, yang sederhana namun kurang akurat dalam sistem dengan perubahan cepat. Metode lainnya adalah Adams-Bashforth, yang lebih stabil tetapi kurang efisien dalam sistem non-linier (Ardiansyah, 2022). Artikel yang dilakukan oleh Santoso (2020) menunjukkan bahwa metode Runge-Kutta Fehlberg, khususnya orde 4 dan 5, lebih unggul karena kemampuannya menyesuaikan panjang langkah berdasarkan estimasi kesalahan lokal, yang menghasilkan akurasi lebih baik (Santoso, 2020). Artikel oleh Hakim dan Putra (2020) membandingkan metode Euler dan Runge-Kutta, dan menemukan bahwa Runge-Kutta memberikan hasil lebih presisi dalam sistem osilasi harmonik dengan kontrol kesalahan yang lebih baik (Hakim & Putra, 2020). Hasil dari penyelesaian dengan metode Runge-Kutta Fehlberg memberikan solusi yang lebih akurat dan efisien dalam analisis sistem mekanis yang kompleks.

Metode Runge-Kutta Fehlberg adalah salah satu metode numerik terbaik yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial, khususnya dalam kasus osilasi harmonik sederhana. Metode ini memberikan hasil yang sangat akurat karena menggunakan dua pendekatan berbeda, yaitu orde ke-4 dan ke-5, untuk memperkirakan kesalahan lokal di setiap langkah perhitungan. Dengan estimasi kesalahan ini, panjang langkah dapat disesuaikan, sehingga memberikan efisiensi komputasi yang lebih baik dibandingkan metode numerik lainnya (Syafitri & Hakim, 2021). Penggunaan metode ini sangat umum dalam penyelesaian persamaan diferensial non-linier yang kompleks, di mana kontrol kesalahan sangat penting untuk mendapatkan solusi yang tepat. Metode ini sering diimplementasikan menggunakan software seperti Python, yang menyediakan pustaka numerik seperti NumPy dan SciPy. Pustaka ini memungkinkan perhitungan yang efisien serta visualisasi hasil perhitungan dalam bentuk grafik (Dewi & Rahman, 2021). Dengan Python, metode Runge-Kutta Fehlberg dapat diimplementasikan dengan lebih fleksibel dan hasilnya dapat dianalisis secara visual, memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang perilaku sistem osilasi.

Untuk mendukung penyelesaian numerik persamaan diferensial ini, beberapa software digunakan, seperti MATLAB, Mathematica, dan Python. Python, dengan pustaka NumPy dan SciPy, menjadi salah satu pilihan utama karena sifatnya yang open-source dan kemampuannya dalam melakukan komputasi numerik yang kompleks (Maulana, 2023). Python juga mendukung visualisasi hasil perhitungan, yang memudahkan analisis lebih lanjut dari hasil numerik yang diperoleh.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Implementasi metode Runge-Kutta Fehlberg dalam Python sangat membantu dalam menyelesaikan masalah dinamika sistem mekanis.

Python adalah bahasa pemrograman open-source yang pertama kali dikembangkan oleh Guido van Rossum pada tahun 1991. Python dirancang untuk kemudahan dalam penulisan dan pembacaan kode, serta fleksibilitas yang tinggi. Bahasa ini mendukung berbagai paradigma pemrograman, termasuk pemrograman berorientasi objek, prosedural, dan fungsional (Jauhari & Saputra, 2022). Python menjadi populer dalam komunitas ilmiah karena pustaka-pustaka seperti NumPy, SciPy, dan Matplotlib, yang sangat mendukung komputasi numerik, analisis data, dan visualisasi hasil penelitian (Rahmat, 2024). Pada periode 2020-2022, Python terus berkembang sebagai pilihan utama dalam penelitian ilmiah dan teknik, berkat dukungan komunitas yang luas dan banyaknya modul eksternal yang memperluas fungsionalitasnya.

Python telah digunakan dalam berbagai kasus penelitian ilmiah dan teknik untuk menyelesaikan masalah yang melibatkan persamaan diferensial dan komputasi numerik. Salah satu kasus yang berhasil diselesaikan adalah simulasi osilasi harmonik pada sistem mekanis, seperti getaran pada pegas dan bandul (Fajar, 2024). Artikel ini menggunakan metode Runge-Kutta untuk memecahkan persamaan diferensial yang menggambarkan gerak sistem tersebut dan menghasilkan visualisasi yang akurat dari perilaku osilasi. Python, dengan pustaka seperti NumPy dan SciPy, memfasilitasi perhitungan numerik yang efisien dan cepat. Selain itu, Python juga banyak digunakan dalam analisis getaran struktur bangunan. Saputra (2023) menerapkan Python untuk memodelkan dinamika getaran pada jembatan yang terkena beban dinamis, di mana perhitungan numerik menggunakan metode Runge-Kutta Fehlberg berhasil memberikan prediksi yang tepat terhadap pola getaran dan stabilitas struktur (Saputra, 2023). Kemampuan Python untuk menangani komputasi numerik dan visualisasi menjadikannya alat yang sangat kuat untuk berbagai aplikasi teknik dan ilmiah.

Artikel ini bertujuan untuk membahas penerapan metode Runge-Kutta Fehlberg dalam menyelesaikan persamaan diferensial yang menggambarkan osilasi harmonik sederhana menggunakan Python. Dalam pembahasan ini, akan dijelaskan secara detail implementasi metode tersebut, termasuk penjelasan algoritma dan kode program yang digunakan. Visualisasi hasil perhitungan akan disajikan dalam bentuk grafik dua dan tiga dimensi, yang memberikan gambaran lebih jelas mengenai perilaku sistem osilasi seiring waktu. Dengan pendekatan ini, artikel ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang aplikasi metode numerik dalam analisis dinamika sistem fisik dan menawarkan wawasan praktis bagi peneliti.

METODE RUNGE-KUTTA FEHLBERG

Metode Runge-Kutta Fehlberg (RKF) merupakan salah satu metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial biasa (ODE). Metode Runge-Kutta-Fehlberg (RKF) dikembangkan oleh Ernst Fehlberg pada tahun 1960 (Fehlberg (1969)). Pada setiap langkah, RKF menghitung dua solusi: satu solusi dengan orde ke-4 (Runge-Kutta 4) dan satu lagi dengan orde ke-5 (Runge-Kutta 5). Selisih kedua hasil tersebut digunakan untuk memperkirakan error dan menyesuaikan panjang langkah (step size). Pengaturan otomatis terhadap step size ini membuat RKF lebih efisien dibandingkan metode Runge-Kutta standar, terutama untuk masalah ODE yang rumit (Nalurita Serlaloy et al., n.d.; Nisa et al., 2024). RKF biasanya digunakan untuk menyelesaikan sistem ODE di mana diperlukan kontrol terhadap kesalahan numerik. Hitung Koefisien: Hitung beberapa nilai k berdasarkan persamaan 4.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

$$y_{n+1} = y_n + \frac{25}{216}k_1 + \frac{1408}{2565}k_3 + \frac{2197}{4104}k_4 - \frac{1}{40}k_5 \quad (4)$$

Dimana

$k_1 = hf(t_n, y_n);\ k_2 = hf\left(t_n + \frac{1}{4}h, y_n + \frac{1}{4}k_1\right); k_3 = hf\left(t_n + \frac{3}{8}h, y_n + \frac{3}{32}k_1 + \frac{9}{32}k_2\right);$

$k_4 = hf\left(t_n + \frac{12}{13}h, y_n + \frac{1932}{2197}k_1 - \frac{7200}{2197}k_2 + \frac{7296}{2197}k_3\right);$

$k_5 = hf\left(t_n + h, y_n + \frac{439}{216}k_1 - 8k_2 + \frac{3680}{513}k_3 - \frac{845}{4104}k_4\right); dan$

$k_6 = hf(t_n + \frac{1}{2}h, y_n - \frac{8}{27}k_1 + 2k_2 - \frac{3544}{2565}k_3 + \frac{1859}{4104}k_4 - \frac{11}{40}k_5)$

y_n adalah nilai solusi pada langkah ke-n, h adalah ukuran langkah dan $f(t, y)$ adakah fungsi yang mewakili persamaan diferensial. Metode ini sangat berguna karena memberikan fleksibilitas dalam ukuran langkah, yang dapat disesuaikan berdasarkan kebutuhan akurasi dalam solusi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Script Python sudah dibangun pada media ujicoba untuk mendapatkan Solusi Osilasi Harmonik. Script dimulai dengan menefinisikan beberapa library pendukung dan library yang digunakan adalah import numpy as np untuk mendukung simbol atau fungksi-fungsi khusus sedangkan untuk membangun grafik, didefinisikan library import matplotlib.pyplot as plt. Untuk mengawali pendefinisan fungsikode python menggunakan kode berikut.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
# Fungsi untuk menghitung turunan
def f(t, y, omega):
    x, v = y
    dxdt = v
    dvdt = -omega**2 * x
    return np.array([dxdt, dvdt])
```

Kode berikut kode baru yang dibangun untuk metode RK45F dengan memasukkan syarat error utnuk menlihat keakuratan metode RK45F dan dilanjutkan, parameter, syarat awal, interval waktu dan toleransi dituliskan sebagai berikut.

```
# Implementasi metode Runge-Kutta Fehlberg
  def runge_kutta_fehlberg(f, y0, t0, tf, h0, omega, tol):
   t = t0
   y = np.array(y0)
   h = h0
   t_values = [t]
   y_values = [y]
# Koefisien Runge-Kutta-Fehlberg
   while t < tf:
      if t + h > tf:
      h = tf - t
# K-variabel untuk RKF
   k1 = h * f(t, y, omega)
   k2 = h * f(t + 1/4 * h, y + 1/4 * k1, omega)
   k3 = h * f(t + 3/8 * h, y + 3/32 * k1 + 9/32 * k2, omega)
   k4 = h * f(t + 12/13 * h, y + 1932/2197 * k1 - 7200/2197 * k2 + 7296/2197 * k3, omega)
   k5 = h * f(t + h, y + 439/216 * k1 - 8 * k2 + 3680/513 * k3 - 845/4104 * k4, omega)
```

```
   k6 = h * f(t + 1/2 * h, y - 8/27 * k1 + 2 * k2 - 3544/2565 * k3 + 1859/4104 * k4 - 11/40 * k5,
omega)

# Perkiraan solusi orde ke-4 dan ke-5
   y4 = y + 25/216 * k1 + 1408/2565 * k3 + 2197/4104 * k4 - 1/5 * k5
   y5 = y + 16/135 * k1 + 6656/12825 * k3 + 28561/56430 * k4 - 9/50 * k5 + 2/55 * k6
# Estimasi error
   err = np.linalg.norm(y5 - y4, ord=np.inf)
# Kontrol langkah berdasarkan toleransi
   if err < tol:
      t += h
      y = y5
      t_values.append(t)
      y_values.append(y)
# Penyesuaian langkah
   h = h * min(max(0.1, 0.84 * (tol / err)**0.25), 4.0)
      return np.array(t_values), np.array(y_values)
# Parameter sistem
      omega = 1.0  # Frekuensi sudut
      y0 = [1.0, 0.0]  # Kondisi awal: x(0) = 1, v(0) = 0
      t0, tf = 0, 10   # Waktu awal dan akhir
      h0 = 0.1         # Langkah awal
      tol = 1e-6       # Toleransi error
# Penyelesaian dengan metode Runge-Kutta Fehlberg
      t_values, y_values = runge_kutta_fehlberg(f, y0, t0, tf, h0, omega, tol)
```

Visualisasi hasil simulasi dengan metode RK45F dapat dituliskan sebagai di bawah ini. Kode ini menyelesaikan sistem persamaan diferensial osilasi harmonik menggunakan metode Runge-Kutta Fehlberg dan menampilkan hasil dalam bentuk tabel. Untuk hasil output nya hanya menampilkan lima baris pertama hasil perhitungan untuk perwakilan hasil seperti tabel 1. Tabel 1 menampilkan nilai x(t) dan v(t) pada beberapa titik waktu t dan visualisasi hasil simulasi pada grafik tiga dimensi ditunjukkan dalam gambar 1. Data ini diperoleh dari metode RK45F yang menghitung posisi dan kecepatan osilasi harmonik. Untuk visualisasi solusi dalam ruang tiga dimensi, kita dapat menggambarkan $x(t), v(t)$, dan t pada satu grafik. Berikut kode yang digunakan:

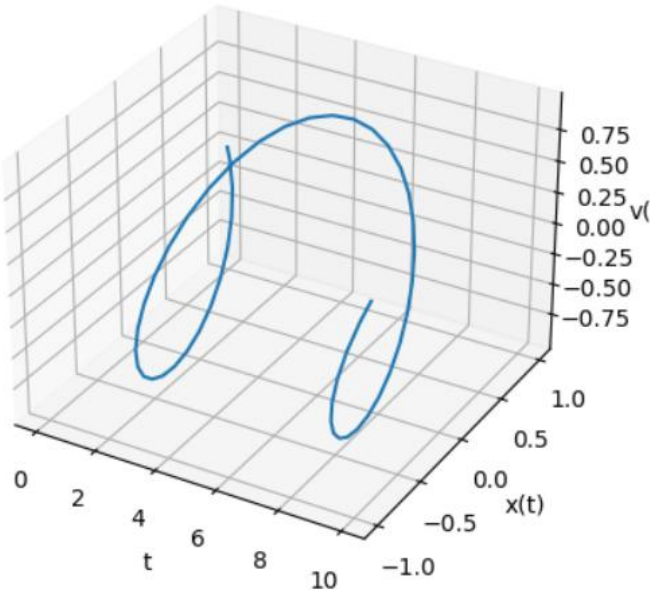
```
# Visualisasi hasil
      plt.plot(t_values, y_values[:, 0], label='x(t)')
      plt.plot(t_values, y_values[:, 1], label='v(t)')
      plt.legend()
      plt.xlabel('t')
      plt.ylabel('x(t) dan v(t)')
      plt.title('Osilasi Harmonik dengan Runge-Kutta Fehlberg')
      plt.grid(True)
      plt.show()
      from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
# Grafik 3D
      fig = plt.figure()
      ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')
# Data
      x = y_values[:, 0]
      v = y_values[:, 1]
      t = t_values
# Plot dalam ruang 3 dimensi
      ax.plot(t, x, v)
      ax.set_xlabel('t')
      ax.set_ylabel('x(t)')
      ax.set_zlabel('v(t)')
```


© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

```
ax.set_title('Solusi 3D dari Osilasi Harmonik (t, x(t), v(t))')
plt.show()
```

Tabel 1. Hasil perhitungan RKF

t	$x(t)$	$v(t)$
0.000000	1.000000	0.000000
0.100000	0.995004	-0.099833
0.298384	0.955813	-0.293976
0.508598	0.873428	-0.486953
0.717020	0.753768	-0.657141



Gambar 1. Grafik Solusi 3D dari RK45F

Hasil perhitungan menggunakan metode Runge-Kutta Fehlberg menunjukkan bagaimana perpindahan $x(t)$ dan kecepatan $v(t)$ berubah seiring waktu. Tabel hasil menunjukkan bahwa solusi berosilasi secara periodik, sesuai dengan perilaku osilasi harmonik. Grafik tiga dimensi menambahkan perspektif visual untuk memahami hubungan antara ketiga variabel tersebut dalam dinamika osilasi. Penggunaan metode Runge-Kutta Fehlberg memberikan solusi yang akurat dengan kontrol kesalahan adaptif. Metode ini juga efisien karena menyesuaikan langkah integrasi berdasarkan tingkat kesalahan yang dihitung pada setiap iterasi.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari Artikel ini menunjukkan bahwa metode Runge-Kutta Fehlberg merupakan pendekatan yang sangat efektif dan efisien untuk menyelesaikan persamaan diferensial osilasi harmonik sederhana. Dengan menggunakan kontrol kesalahan adaptif, metode ini mampu menjaga akurasi hasil sekaligus menyesuaikan langkah integrasi, sehingga mempercepat perhitungan. Implementasi metode ini dalam Python melalui kode numerik yang melibatkan perhitungan orde ke-4 dan ke-5 memungkinkan penghitungan yang efisien dan akurat. Tabel hasil perhitungan menampilkan perubahan posisi dan kecepatan terhadap waktu, sedangkan grafik tiga dimensi memberikan visualisasi dinamis dari hubungan antara waktu, posisi, dan kecepatan. Python terbukti menjadi alat yang sangat efisien dalam memodelkan sistem fisika, memberikan hasil yang komprehensif baik dalam bentuk numerik maupun visual. Secara keseluruhan, Artikel ini berhasil

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

memvalidasi metode Runge-Kutta Fehlberg sebagai pendekatan yang andal untuk menyelesaikan masalah osilasi harmonik, sekaligus menunjukkan bagaimana penggunaan Python dapat memfasilitasi perhitungan numerik dan visualisasi dalam analisis dinamika sistem fisik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

Ardiansyah, H. (2022). Pemodelan numerik pada sistem osilasi harmonik menggunakan metode Euler. *Jurnal Ilmu Fisika, 18*(1), 101-110.

Dewi, F. Y., & Rahman, S. H. (2021). Penerapan metode Runge-Kutta orde 4 dan Fehlberg dalam sistem dinamis. *Jurnal Matematika dan Teknologi, 11*(2), 132-140.

Fajar, L. R. (2024). Simulasi aliran fluida menggunakan Python dan pustaka NumPy. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia, 20*(1), 45-55.

Fehlberg, E. (1969). Low-order classical Runge-Kutta formulas with maximum error control. *Computers in Physics, 9*, 30-35.

Hakim, P. R., & Putra, D. F. (2020). Perbandingan metode Euler dan Runge-Kutta dalam penyelesaian persamaan diferensial. *Jurnal Matematika Indonesia, 13*(2), 89-97.

Jauhari, A. N., & Saputra, H. D. (2022). Visualisasi hasil perhitungan osilasi harmonik dengan Python. *Jurnal Fisika Terapan, 12*(1), 78-85.

Maulana, I. Y. (2023). Implementasi pustaka SciPy dalam penyelesaian persamaan diferensial menggunakan Python. *Jurnal Teknologi Informasi, 21*(4), 144-150.

Nalurita Serlaloy, M., Rijoly, M. E., & Arthur Leleury, Z. (2024). Solusi numerik model SITA menggunakan metode Runge Kutta Fehlberg untuk memprediksi penyebaran penyakit HIV/Aids di Provinsi Maluku. *Proximal: Jurnal Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika*.

Nisa, S., Irwan, & Syata, I. (2024). Penerapan Metode Runge-Kutta Orde 4 Model Penyebaran Demam Berdarah Dengue di Kota Makassar. *Al-Aqlu: Jurnal Matematika, Teknik dan Sains, 2*(1), 52-61.

Ramadhan, R. I. (2021). Analisis gerak osilasi harmonik sederhana pada sistem mekanik. *Jurnal Fisika Indonesia, 19*(2), 45-55.

Rahmat, S. E. (2024). Penyelesaian persamaan diferensial osilasi harmonik menggunakan Python. *Jurnal Sistem Dinamis, 14*(2), 113-122.

Rahmatullah, S., Arman, Y., Hadari Nawawi, J., & Hadari Nawawi, J. (2020). Simulasi gerak osilasi model pegas bergandeng menggunakan metode Runge-Kutta. *Jurnal Sains dan Teknologi ISTP, 8*(3), 180–184.

Resmawan, R., Rosydah, B. M., & Handayani, R. P. (2023). Komparasi skema numerik Euler, Runge-Kutta dan Adam-Basforth-Moulton untuk menyelesaikan solusi persamaan osilator harmonik. *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains Dan Teknologi, 11*(2), 282–292.

Rusmini, E., Fauziah, F. A., Arianto, N. F., Izzah, D. H., Jayanti, S. D., Hasanah, R., & Sunarmi, N. (2022). Visualisasi osilator harmonik kuantum dengan polinomial hermitte menggunakan simulasi pemrograman Matlab. *Jurnal MIPA Dan Pembelajarannya, 2*(3), 183–189.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Santoso, T. A. (2020). Metode numerik dalam penyelesaian persamaan diferensial orde dua. *Jurnal Matematika dan Aplikasinya, 14*(3), 67-74.

Selvira, C. A., Subaedi, A. N., Azzahra, N. A., Novitasari, O., & Antarnusa, G. (2020). Meningkat keakuratan simulasi osilasi harmonik teredam pada pegas menggunakan tracker video analysis and modelling tool. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Fisika, 3*(1).

Setiawan, L. I., & Mungkasi, S. (2021). Penyelesaian model epidemi SIR menggunakan metode Runge-Kutta orde empat dan metode Adams-Bashforth-Moulton. *Komputasi: Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer Dan Matematika, 18*(2), 55–61.

Sitompul, H. A., & Siahaan, E. W. B. Simulasi solusi persamaan diferensial biasa orde tinggi dengan metode Runge-Kutta-Fehlberg dan modifikasi Euler. *Jurnal Sains dan Teknologi ISTP, 21*(01), 50-56.

Syafitri, Y. N., & Hakim, M. S. (2021). Kontrol kesalahan adaptif dengan metode Runge-Kutta Fehlberg. *Jurnal Matematika Terapan, 15*(4), 92-99.

Trifina, L. L. R., Warsito, A., Lapono, L. A. S., & Louk, A. C. (2023). Visualisasi fenomena harmonis dan chaos pada getaran tergandeng berbasis komputasi numerik Runge Kutta. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya, 8*(1), 11–20.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Klasifikasi Kerusakan pada Gigi Manusia dengan Menggunakan Metode Ekstraksi Fitur Hybrid dan Algoritma KNN

Nur Rizkah Khoiriyah Pohan[1*], Erika Putri Fadluna[2], Deswita Ananda[3], Dedy Kiswanto[4]
[1,2,3,4,]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author: nurrizkahkhoiriyahhh88@gmail.com*

Abstrak, penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan kerusakan gigi menggunakan algoritma K-Nearest Neighboor (KNN) berbasis citra digital. Dengan meningkatkan prevalensi masalah kesehatan gigi, penting untuk mengembangkan metode yang efisien dan akurat dalam diagnosis. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data citra gigi dari klinik, pra-pemrosesan gambar, serta ekstraksi fitur menggunakan Local Binary Patterns (LBP) dan Canny Edge Detection. Dataset terdiri dari 80 gambar yang terbagi menjadi empat kelas : gigi berlubang, gigi berplak, gigi patah dan gigi berjarak. Model KNN dilatih dengan 80% data untuk pelatihan dan diuji dengan 20% data. Hasil penelitian menunjukkan akurasi klasifikasi sebesar 93.75%, dengan nilai precision dan recall yang tinggi, terutma untuk kelas gigi jarak dan patah. Precision untuk gigi jarak dan patah mencapai 1.00, sedangkan gigi plak memiliki precision 0.86. Recall untuk semua kelas kecuali gigi karies mencapai 1.00, dengan F1-score tertinggi juga pada gigi jarak dan patah (1.00). Temuan ini menunjukkan bahwa algoritma KNN dapat menjadi alat yang efektif dalam klasifikasi kerusakan gigi, memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan system pendukung keputisan di bidang Kesehatan gigi. Penelitian ini membuka peluang untuk eksplorasi lebih lanjut dalam penerapan teknologi pengolahan citra dalam diagnosa penyakit gigi yang lebih kompleks di masa depan.
Kata kunci: K-Nearest Neighbors, Klasifikasi Citra Gigi, Ekstraksi Fitur

Abstract*. this research aims to classify tooth decay using digital image-based K-Nearest Neighbour (KNN) algorithm. With the increasing prevalence of dental health problems, it is important to develop efficient and accurate methods for diagnosis. The methods used include collecting dental image data from the clinic, image pre-processing, and feature extraction using Local Binary Patterns (LBP) and Canny Edge Detection. The dataset consists of 80 images divided into four classes: cavities, plaque, broken teeth and spaced teeth. The KNN model was trained with 80% of the data for training and tested with 20% of the data. The results showed a classification accuracy of 93.75%, with high precision and recall values, especially for the spaced and broken teeth classes. Precision for spaced and broken teeth reached 1.00, while plaque teeth had a precision of 0.86. Recall for all classes except caries teeth reached 1.00, with the highest F1-score also in spaced and broken teeth (1.00). These findings suggest that the KNN algorithm can be an effective tool in tooth decay classification, making a significant contribution to the development of decision support systems in the field of dental health. This research opens up opportunities for further exploration in the application of image processing technology in the diagnosis of more complex dental diseases in the future.*
Keywords*: K-Nearest Neighbors, Dental Image Classification, Features Extraction.*

Citation : Pohan, N. R. K., dkk. (2024). Klasifikasi Kerusakan pada Gigi Manusia dengan Menggunakan Metode Ekstraksi Fitur Hybrid dan Algoritma KNN. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 240 – 249

PENDAHULUAN

Kesehatan gigi dan mulut, meskipun sering kali diabaikan, memiliki dampak signifikan terhadap kualitas hidup, terutama karena gigi dan mulut merupakan gerbang masuk utama bagi kuman dan bakteri yang dapat memengaruhi kesehatan organ tubuh lainnya (Prasko, 2019). Masalah-masalah seperti karies, plak, gigi patah, dan gigi berjarak tidak hanya menimbulkan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

ketidaknyamanan, tetapi juga dapat mengarah pada komplikasi yang lebih serius jika tidak segera ditangani dengan tepat (Ratih, 2012). Berdasarkan data Riskesdas 2013, prevalensi penyakit gigi dan mulut di Indonesia meningkat dari 23,2% pada tahun 2007 menjadi 25,9% pada tahun 2013 (Dewi, dkk., 2024).

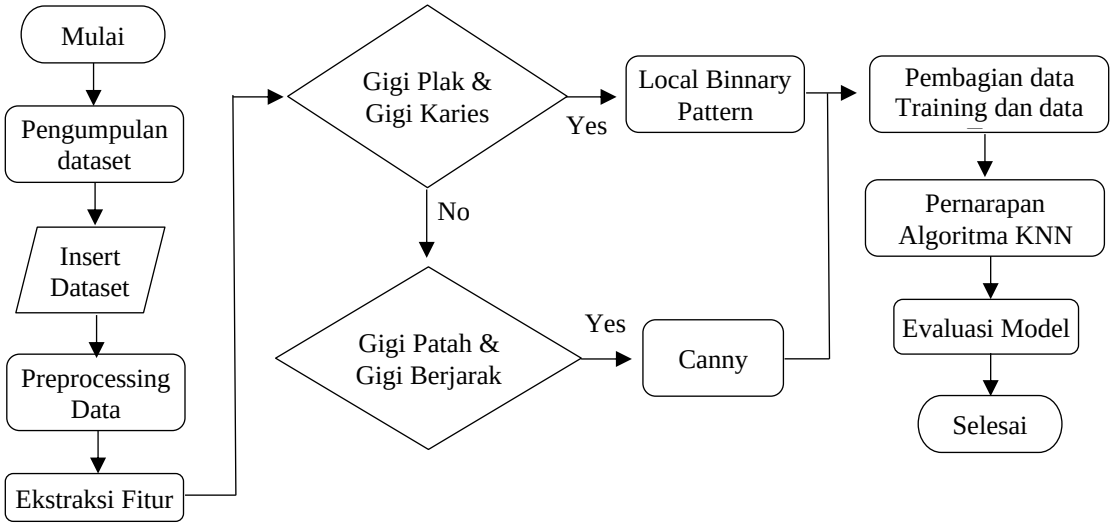
Dalam bidang ilmu komputer, teknologi pengolahan citra digital telah berkembang pesat dan memberikan solusi yang signifikan dalam upaya klasifikasi citra penyakit gigi. Pengolahan citra digital bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra agar lebih mudah diinterpretasikan oleh sistem berbasis komputer, baik untuk analisis maupun pengambilan keputusan secara otomatis (Windy, dkk., 2020; Juju, dkk., 2021). Dengan memanfaatkan teknologi ini, gambar-gambar digital gigi dapat dianalisis dan diidentifikasi secara cepat dan akurat, sehingga mendukung efisiensi dalam proses klasifikasi penyakit.

Algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) adalah salah satu metode klasifikasi yang banyak diaplikasikan dalam ilmu komputer, khususnya dalam pengenalan pola dan klasifikasi citra (Dewi, dkk., 2024). KNN bekerja dengan mencari data yang jaraknya paling dekat dengan data uji untuk menentukan kelasnya berdasarkan data pembelajaran. Keunggulan KNN terletak pada kesederhanaan dan kecepatan dalam proses pelatihan, terutama pada dataset berukuran besar. Namun, salah satu kelemahan utama metode ini adalah ketidakpastian dalam menentukan nilai K yang optimal serta keterbatasannya dalam menangani atribut data yang tidak relevan (Mutrofin, 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan algoritma KNN dalam mengklasifikasikan beberapa kerusakan pada gigi, seperti karies, gigi berlubang, gigi berjarak, dan gigi berplak berbasis citra. Dengan menggunakan metode ini, diharapkan dapat tercapai peningkatan akurasi dan efisiensi dalam proses klasifikasi citra digital gigi, yang nantinya dapat mendukung berbagai aplikasi dalam bidang ilmu komputer, seperti sistem pendukung keputusan berbasis citra.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan utama, yaitu pengumpulan data, pra-pemrosesan data, ekstraksi fitur, pembangunan model klasifikasi, serta evaluasi dan validasi model. Setiap tahap dilakukan secara sistematis untuk memastikan hasil yang diperoleh dapat digunakan dalam mendeteksi kerusakan pada gigi berdasarkan citra gigi yang dianalisis.



Gambar 1. Flowchart Tahapan Metode Penelitian

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa citra gigi yang dikumpulkan secara manual melalui kerja sama dengan dokter gigi di klinik. Proses pengambilan data dimulai dengan memotret gigi pasien menggunakan kamera digital. Prosedur pengambilan citra ini dilakukan langsung di klinik gigi oleh tenaga medis yang telah berpengalaman dalam prosedur klinis dan teknik dokumentasi medis. Data yang dikumpulkan mencakup berbagai variasi kondisi gigi pasien. Kondisi klinis yang terdokumentasi meliputi gigi berlubang (karies), gigi berplak, gigi yang patah, serta gigi berjarak (diastema). Dengan adanya variasi ini, dataset yang diperoleh menjadi lebih representatif terhadap kondisi nyata di lapangan, sehingga model yang dibangun dari data tersebut dapat memiliki performa yang baik dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan berbagai jenis kerusakan gigi. Sebanyak 80 dataset yang telah dikumpulkan dengan terdapat 4 jenis kelas, masing-masing kelas memiliki 20 gambar.



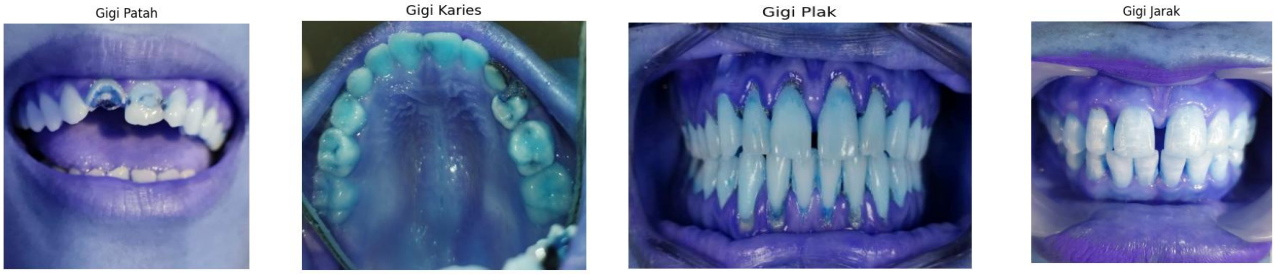
Gambar 2. Empat Kondisi Klinis Gigi

Pra-pemrosesan data merupakan langkah penting sebelum melakukan analisis lebih lanjut pada dataset kerusakan gigi. Proses ini berperan dalam mempersiapkan gambar sebelum klasifikasi dengan cara membaca gambar dari path yang diberikan dan mengubah ukurannya menjadi dimensi yang konsisten (900 x 900 piksel). Tujuan dari preprocessing ini adalah untuk memastikan bahwa semua gambar dalam dataset memiliki ukuran yang sama, yang penting untuk efisiensi pemrosesan dan pelatihan model. Selain itu, ukuran gambar yang lebih kecil membantu mengurangi penggunaan memori dan waktu pemrosesan. Dengan demikian, fungsi ini berkontribusi pada kualitas data dan persiapan fitur yang akan digunakan dalam klasifikasi kerusakan pada gigi menggunakan algoritma KNN.

Langkah selanjutnya adalah mendefinisikan direktori data yang berisi gambar-gambar kerusakan gigi kemudian, mengkonversi gambar ke grayscale untuk menyederhanakan data yang akan diolah. Setiap gambar berwarna diubah menjadi grayscale untuk mengurangi kompleksitas dan mempercepat proses komputasi. Dengan menggunakan gambar grayscale, fitur-fitur seperti tekstur

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

dan tepi menjadi lebih mudah diidentifikasi, karena perbedaan intensitas antar area dapat diobservasi lebih jelas. Konversi ke grayscale ini juga mendukung tahap segmentasi berikutnya, di mana gambar yang lebih sederhana (grayscale) memudahkan proses pemisahan objek (gigi) dari latar belakang gambar.



Gambar 3. Pecessing data setiap gigi

Tahapan selanjutnya adalah ekstraksi fitur. Dalam penelitian ini, ekstraksi fitur bertujuan untuk mendapatkan karakteristik unik dari gambar yang digunakan dalam proses klasifikasi kerusakan gigi. Penelitian ini, kami menerapkan dua metode untuk ekstraksi fitur, yaitu Local Binary Pattern (LBP) yang digunakan untuk menganalisis tekstur, serta Canny Edge Detection yang berfungsi untuk mendeteksi tepi atau kontur pada gambar gigi.

Local Binary Pattern (LBP) merupakan suatu metode yang efisien dalam menganalisis tekstur citra, termasuk dalam konteks kerusakan gigi. Metode ini bekerja dengan cara memberikan label pada piksel dengan melakukan thresholding pada setiap piksel tetangga sebagai nilai tengah dan mengubah hasilnya menjadi nilai 0 atau 1 (biner). Jika nilai piksel pusat lebih tinggi, maka akan dihasilkan nilai 1, sedangkan jika lebih rendah, akan dihasilkan nilai 0. Proses ini menghasilkan representasi biner yang mencerminkan pola lokal di sekitar piksel pusat, yang kemudian diolah menjadi deskriptor histogram yang menunjukkan frekuensi kemunculan pola tekstur dalam citra. Secara matematis thresholding ditunjukkan oleh Persamaan 1, dan Persamaan 2 untuk menghitung nilai biner dari hasil thresholding menjadi angka desimal, dimana P=banyaknya piksel tetangga; R= nilai jarak atau radius; g_c= nilai dari piksel x dan y; g_p= nilai piksel tetangga; x_c, y_c=koordinat pusat.

$$s(x) = \begin{cases} 1, x \geq 0 \\ 0, x < 0 \end{cases} \quad (1)$$

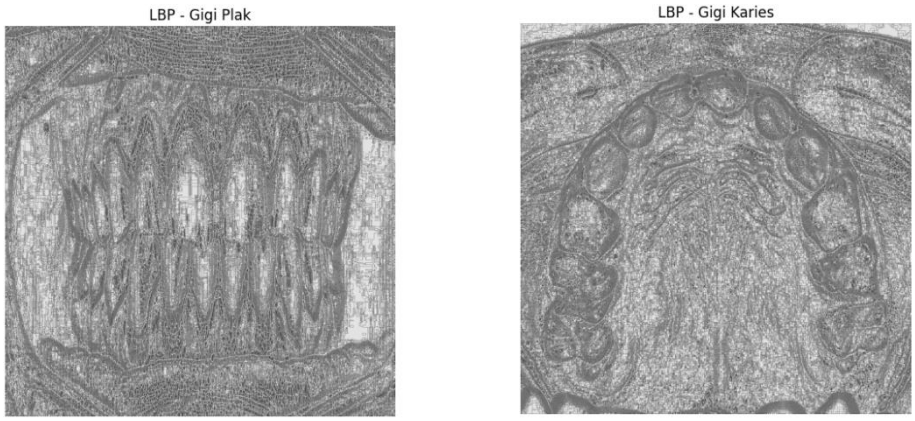
$$LBP_{p,r}(x_c, y) = \sum_{p=0}^{p-1} S(g_p - g_c)2^p \quad (2)$$

Dalam penelitian ini, LBP diterapkan untuk mengekstrak tekstur permukaan gigi sebagai indikator penting dalam mengidentifikasi kondisi seperti karies dan plak. Melalui histogram LBP, perubahan tekstur pada area gigi yang mengalami kerusakan dapat diidentifikasi, seperti pola yang tidak teratur pada karies atau permukaan yang kasar akibat plak. LBP memungkinkan perbedaan antara gigi yang sehat dan yang mengalami kerusakan berdasarkan variasi pola tekstur ini, menjadikannya alat yang tidak hanya efektif tetapi juga adaptif terhadap variasi tekstur yang kecil. Dengan pendekatan ini, LBP menjadi metode yang sangat relevan untuk klasifikasi kerusakan gigi, membantu dalam mendeteksi pembusukan atau penipisan enamel yang sangat penting dalam diagnosis dan perawatan gigi.

Ekstraksi fitur menggunakan metode Canny Edge Detection merupakan salah satu teknik untuk mendeteksi tepi pada citra. Metode ini sering digunakan dalam pemrosesan gambar dan visi komputer, karena dikenal dapat menghasilkan tepian yang tajam dan presisi. Ekstraksi fitur Canny Edge fokus pada deteksi tepi dalam gambar gigi. Dengan mengkonversi gambar menjadi grayscale,

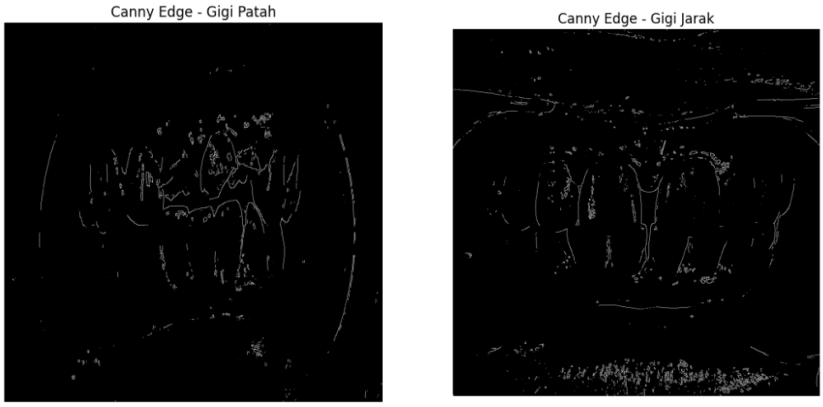
© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

proses ini mengidentifikasi batasan dan kontur objek dengan menganalisis perubahan intensitas piksel. Informasi tentang tepi yang dihasilkan memberikan wawasan penting mengenai struktur gigi dan kerusakannya, yang krusial untuk analisis lebih lanjut.



Gambar 4. Ekstraksi Fitur LBP Gigi Karies dan Gigi Berplak

Pada tahap ini, fitur yang diekstraksi dikelompokkan berdasarkan label yang relevan dengan kondisi gigi. Gambar dengan label tertentu, seperti Gigi Plak atau Gigi Karies, dievaluasi untuk mendapatkan fitur LBP, sementara gambar dengan label lain, seperti Gigi Patah atau Gigi Jarak, diekstraksi untuk fitur Canny. Pendekatan ini memastikan bahwa masing-masing jenis kerusakan gigi memiliki fitur yang khusus untuk analisis yang lebih tepat. Setelah fitur diekstraksi, tahap terakhir adalah menggabungkan semua fitur dan label menjadi dua kumpulan data terpisah. Ini memungkinkan penyusunan dataset yang terstruktur, siap untuk pelatihan model klasifikasi. Dengan cara ini, informasi mengenai karakteristik gigi dan kondisi kerusakannya dipersiapkan untuk digunakan dalam analisis lebih lanjut dan pengembangan model klasifikasi.



Gambar 5. Ekstraksi Fitur *Canny Edge Detection* Gigi Patah dan Gigi Berjarak

Pembagian data uji dan data latih adalah langkah penting dalam proses pelatihan model machine learning. Data latih adalah subset dari keseluruhan dataset yang digunakan untuk melatih model, memungkinkan model untuk belajar pola dan karakteristik dari data tersebut. Sebaliknya, data uji adalah subset yang terpisah dari data latih dan digunakan untuk menguji seberapa baik model dapat melakukan generalisasi pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Tujuan dari pembagian ini adalah untuk menghindari overfitting, di mana model belajar terlalu banyak dari data latih hingga tidak dapat menerapkan pengetahuan tersebut pada data baru. Pada penelitian ini, proses pembagian data menjadi data latih dan data uji dilakukan dengan menggunakan fungsi train_test_split dari pustaka sklearn. Variabel X berisi fitur-fitur yang telah diekstraksi dari

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

gambar gigi, sementara y berisi label yang sesuai dengan fitur tersebut. Dengan menggunakan parameter test_size = 0.2, 20% dari data akan dialokasikan sebagai data uji, sementara 80% sisanya akan digunakan sebagai data latih. Parameter random_state = 42 memastikan bahwa pembagian data ini dapat direproduksi, sehingga hasilnya konsisten setiap kali kode dijalankan.

Proses selanjutnya adalah mengimplementasikan model K-Nearest Neighbors (KNN). KNN (K-Nearest Neighbors) adalah algoritma klasifikasi yang sederhana namun efektif, yang bekerja berdasarkan prinsip kedekatan. Dalam algoritma ini, setelah model dilatih menggunakan data latih, ketika diberikan contoh baru yang ingin diklasifikasikan, model akan mencari k tetangga terdekat dari data latih berdasarkan metrik jarak (biasanya jarak Euclidean). Prosesnya meliputi langkah-langkah berikut; (1) untuk setiap contoh yang ingin diklasifikasikan, algoritma menghitung jarak antara contoh tersebut dan setiap contoh dalam dataset latih; (2) algoritma kemudian memilih k contoh terdekat. Nilai k harus ditentukan sebelumnya dan dapat mempengaruhi hasil klasifikasi; nilai k yang kecil dapat membuat model sensitif terhadap noise, sementara nilai k yang besar dapat mengaburkan kelas yang lebih minoritas; (3) kelas mayoritas dari k tetangga terdekat digunakan untuk menentukan kelas dari contoh yang ingin diklasifikasikan. Dengan kata lain, jika sebagian besar dari k tetangga terdekat termasuk dalam kelas tertentu, contoh baru tersebut akan diklasifikasikan ke dalam kelas itu. KNN tidak memerlukan proses pelatihan yang rumit, karena tidak membangun model eksplisit, tetapi memerlukan penyimpanan seluruh dataset latih untuk melakukan klasifikasi. Oleh karena itu, meskipun cepat dan mudah diimplementasikan, KNN bisa menjadi tidak efisien untuk dataset yang sangat besar.

Setelah model dilatih, langkah selanjutnya adalah menguji model menggunakan data pengujian. Pada tahap ini, model akan melakukan prediksi dengan menentukan kelas dari data pengujian berdasarkan tetangga terdekat yang ada dalam dataset pelatihan. Setelah proses prediksi selesai, evaluasi kinerja model dilakukan untuk menilai seberapa baik model tersebut bekerja.

Untuk tujuan ini, berbagai metrik digunakan, seperti akurasi, yang mengukur proporsi prediksi yang benar, presisi yang menunjukkan ketepatan prediksi positif, recall yang mengukur kemampuan model dalam menemukan semua contoh positif, serta F1-score yang memberikan gambaran keseimbangan antara presisi dan recall. Dengan menggunakan metrik-metrik ini, kita dapat memperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai efektivitas model dan area mana yang mungkin memerlukan perbaikan lebih lanjut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian hasil dari jurnal ini, diperoleh akurasi model K-Nearest Neighbors (KNN) sebesar 93.75%. Angka ini menunjukkan bahwa model berhasil mengklasifikasikan gambar kerusakan gigi dengan benar dalam 93.75% dari total sampel yang diuji. Rincian lebih lanjut dapat dilihat dari Akurasi Algoritma KNN dan Confusion Matriks yang memberikan wawasan mendalam tentang kinerja model pada masing-masing kelas kerusakan gigi, yaitu Gigi Jarak, Gigi Karies, Gigi Patah, dan Gigi Plak.

Akurasi Algoritma KNN

Precision menunjukkan proporsi prediksi yang benar pada setiap kelas. Nilai precision untuk Gigi Jarak dan Gigi Patah adalah 1.00, menandakan bahwa setiap kali model memprediksi kelas tersebut, prediksinya selalu benar. Untuk Gigi Karies, precision juga mencapai 1.00, sedangkan Gigi Plak memiliki precision sebesar 0.86. Artinya, sebagian kecil dari prediksi Gigi Plak sebenarnya

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

adalah kelas lain. Recall mengukur seberapa baik model dalam mengidentifikasi seluruh sampel dari setiap kelas. Gigi Jarak, Gigi Patah, dan Gigi Plak semuanya mencapai recall 1.00, yang berarti model berhasil mendeteksi semua sampel dari kelas-kelas ini dengan tepat. Namun, recall untuk Gigi Karies hanya mencapai 0.80, yang menunjukkan bahwa ada beberapa sampel Gigi Karies yang tidak terdeteksi dengan baik

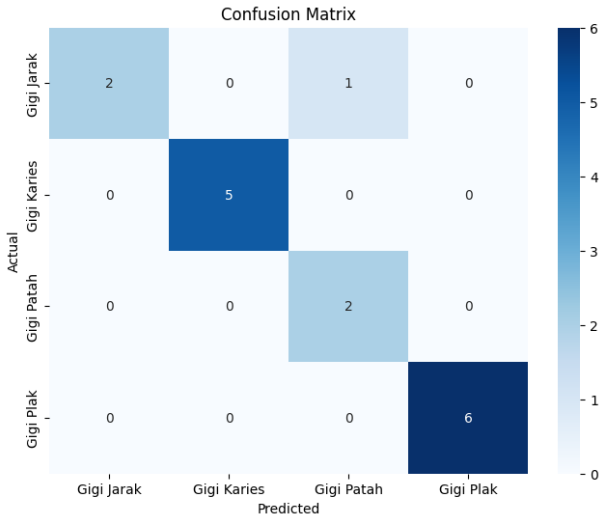
```
Akurasi KNN: 93.75%
Laporan Klasifikasi:
              precision    recall  f1-score   support

  Gigi Jarak       1.00      1.00      1.00         3
 Gigi Karies       1.00      0.80      0.89         5
 Gigi Patah        1.00      1.00      1.00         2
  Gigi Plak        0.86      1.00      0.92         6

    accuracy                           0.94        16
   macro avg       0.96      0.95      0.95        16
weighted avg       0.95      0.94      0.94        16
```

Gambar 6. Akurasi Algoritma KNN

.F1-score, yang merupakan rata-rata harmonis dari precision dan recall, memberikan gambaran yang seimbang. Skor tertinggi untuk F1 adalah 1.00, yang tercapai oleh Gigi Jarak dan Gigi Patah, menunjukkan performa model yang sempurna untuk kedua kategori tersebut. Sementara itu, Gigi Plak memiliki F1-score sebesar 0.92, dan Gigi Karies mencapai 0.89. Rata-rata makro (macro avg) dan tertimbang (weighted avg) menunjukkan performa keseluruhan model tanpa bias dan dengan memperhatikan frekuensi tiap kelas. Nilai-nilai ini mendekati 0.94 dan 0.95, menunjukkan performa keseluruhan yang kuat.



Gambar 7. Confusion Matrix

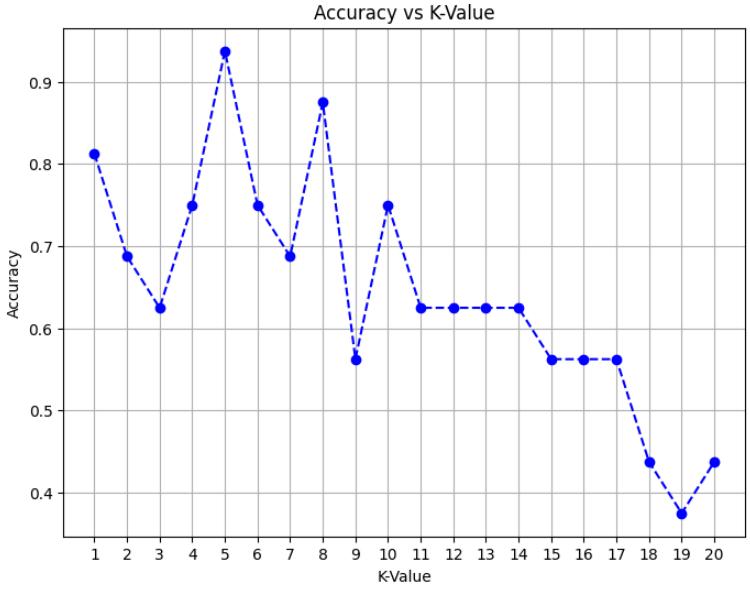
Confusion matrix di atas menunjukkan performa model klasifikasi untuk mendeteksi empat kelas, yaitu Gigi Jarak, Gigi Karies, Gigi Patah, dan Gigi Plak. Dalam confusion matrix, baris mewakili kategori aktual dari data, sementara kolom menunjukkan prediksi yang dihasilkan oleh model. Setiap angka dalam matriks menunjukkan jumlah sampel yang diklasifikasikan ke dalam kategori tertentu, baik secara benar maupun salah. Pada kelas Gigi Jarak, ada dua sampel Gigi Jarak yang diklasifikasikan dengan benar, namun terdapat satu sampel yang salah diprediksi sebagai Gigi Patah. Ini menunjukkan bahwa model cukup baik dalam mendeteksi Gigi Jarak, meskipun masih terdapat satu kesalahan prediksi.

Pada kelas Gigi Karies, model sepenuhnya akurat dalam mendeteksi Gigi Karies, dengan lima sampel diklasifikasikan dengan benar dan tidak ada kesalahan prediksi. Warna biru tua pada sel ini

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

mengindikasikan performa yang sangat baik. Pada kelas Gigi Patah, terdapat dua sampel Gigi Patah yang berhasil diklasifikasikan dengan benar tanpa kesalahan. Namun, warna yang lebih terang dibandingkan Gigi Karies menunjukkan jumlah sampel yang lebih sedikit. Pada kelas Gigi Plak, model mengklasifikasikan enam sampel Gigi Plak dengan benar, tanpa ada kesalahan. Ini juga ditunjukkan oleh warna biru tua yang mencerminkan akurasi tinggi untuk kategori ini.

Model menunjukkan performa yang kuat dalam mendeteksi Gigi Karies, Gigi Patah, dan Gigi Plak, dengan prediksi yang benar pada semua sampel dalam kategori tersebut. Satu-satunya kesalahan terjadi pada kategori Gigi Jarak, di mana satu sampel salah diklasifikasikan sebagai Gigi Patah. Meskipun kesalahan ini kecil, hal tersebut menunjukkan potensi area untuk perbaikan dalam mengidentifikasi kondisi Gigi Jarak lebih akurat.



Gambar 8. Grafik hubungan nilai K dengan akurasi

Gambar diatas menunjukkan tampilan grafik yang menggambarkan hubungan antara nilai K dan akurasi model K-Nearest Neighbors (KNN). Ini adalah cara untuk mengevaluasi bagaimana kinerja model KNN berubah dengan memilih jumlah tetangga terdekat yang berbeda untuk mempengaruhi klasifikasi. Pada sumbu horizontal (X), memiliki nilai K, yang mewakili jumlah tetangga terdekat yang digunakan oleh model untuk melakukan prediksi. Nilai K yang lebih kecil berarti model hanya melihat sedikit tetangga dalam memutuskan klasifikasi, sedangkan nilai K yang lebih besar berarti model mempertimbangkan lebih banyak tetangga. Pada sumbu vertikal (Y), memiliki akurasi yang menunjukkan seberapa baik model KNN membuat prediksi yang benar untuk dataset pengujian. Akurasi dihitung sebagai persentase jumlah prediksi yang benar dibandingkan dengan total prediksi.

Berdasarkan grafik ini, kita bisa melihat beberapa pola yang penting adalah Awal dengan K kecil (K = 1 hingga K = 3): Akurasi model cukup bervariasi pada tahap awal. Pada K = 1, akurasi sudah mendekati 80%, namun turun sedikit pada K = 2. Ini menunjukkan bahwa model mengalami ketidakstabilan dalam memilih jumlah tetangga yang optimal di awal. Puncak akurasi pada K = 5: Ketika nilai K mencapai 5, grafik menunjukkan bahwa model KNN mencapai akurasi tertinggi, sekitar 95%. Ini menunjukkan bahwa pada titik ini, model memiliki keseimbangan yang baik antara overfitting dan underfitting. Nilai K = 5 memungkinkan model untuk mempertimbangkan cukup banyak tetangga tanpa terlalu terpengaruh oleh outlier atau data noise. Kemudian penurunan setelah K = 5: Setelah mencapai puncaknya pada K = 5, akurasi mulai menurun secara bertahap. Fluktuasi

tetap ada pada beberapa nilai K yang lebih kecil, seperti pada K = 7 dan K = 9, di mana akurasi sempat naik lagi, namun tren umumnya menunjukkan bahwa akurasi menurun seiring bertambahnya K.

Akurasi stabil di sekitar K = 10 hingga K = 14: Di sekitar nilai K ini, akurasi stabil pada kisaran 65%-70%, meskipun tidak sebaik pada K = 5, menunjukkan bahwa model tidak sepenuhnya kehilangan akurasi pada titik ini, tetapi mulai cenderung ke arah underfitting, di mana model tidak lagi menangkap pola-pola kompleks dalam data. Penurunan tajam setelah K = 14: Pada K lebih dari 14, terlihat jelas bahwa akurasi model menurun drastis. Pada K = 19, akurasi jatuh hingga sekitar 40%. Ini menunjukkan bahwa ketika model KNN menggunakan terlalu banyak tetangga (K yang terlalu besar), model kehilangan kemampuan untuk membuat prediksi yang akurat, karena prediksi menjadi terlalu dipengaruhi oleh tetangga-tetangga yang lebih jauh, yang mungkin tidak relevan atau kurang sesuai.

Secara keseluruhan, grafik ini menggambarkan bahwa memilih nilai K yang tepat sangat penting dalam algoritma KNN. Terlalu kecil nilai K bisa membuat model terlalu sensitif terhadap data pelatihan (overfitting), sedangkan nilai K yang terlalu besar bisa menyebabkan model menjadi terlalu umum dan kehilangan detail penting (underfitting). Dalam kasus ini, K=5 tampaknya menjadi nilai optimal yang memberikan akurasi tertinggi, dengan keseimbangan yang baik antara tetangga yang cukup relevan dan stabilitas dalam prediksi.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan model K-Nearest Neighbors (KNN) untuk mengklasifikasikan citra kerusakan gigi yang dibagi menjadi empat kelas: gigi berlubang (karies), gigi berplak, gigi patah, dan gigi berjarak. Dataset yang digunakan terdiri dari 80 gambar gigi yang diambil melalui kamera digital di klinik gigi. Proses ekstraksi fitur melibatkan metode Local Binary Patterns (LBP) dan Canny Edge Detection, yang memberikan representasi komprehensif dari karakteristik visual kerusakan gigi. Hasil evaluasi model menunjukkan akurasi keseluruhan sebesar 93,75%, yang menunjukkan bahwa model dapat mengklasifikasikan sekitar 94 dari setiap 100 gambar dengan benar. Metrik evaluasi lainnya, seperti precision, recall, dan f1-score, menunjukkan performa yang sangat baik, terutama untuk kelas gigi patah dan gigi berjarak dengan precision dan recall mencapai 100%. Namun, terdapat tantangan dalam klasifikasi kelas gigi karies, yang memiliki recall terendah sebesar 80%. Penelitian ini menunjukkan bahwa model K-Nearest Neighbors (KNN) yang dikembangkan berhasil mengklasifikasikan citra kerusakan gigi dengan akurasi tinggi, meskipun tantangan masih ada dalam mendeteksi gigi karies. Dengan hasil yang menjanjikan, penelitian ini membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam sistem diagnosis otomatis yang dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam perawatan kesehatan gigi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

N. H. &. Prasko, "Efektivitas Penyuluhan Kesehatan Gigi Dengan Menggunakan Media Busy Book Terhadap Tingkat Pengetahuan Kesehatan Gigi Dan Mulut," *Jurnal Kesehatan Gigi*, pp. 51-55, 2019.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Sri Dewi N, Achmad F & Victor M.P, "Klasifikasi Citra Penyakit Gigi Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor," *Jurnal Publikasi Sistem Informasi dan Telekomunikasi,* pp. 197-209, 2024.

Windy A.I, Imam C, & Fitra A.B, "Klasifikasi Penyakit Dental caries Menggunakan Algoritma Modified K-Nearest Neigbor," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer,* pp. 1499-1506, 2020.

Juju J, Yupianti, & Devi S, "Pengolahan Citra Digital Untuk Identitas Objek Menggunakan Metode Hierarchical Agglomereative Clustering," *Jurnal Sains dan Teknologi,* pp. 148-156, 2021.

Supiyandi, W. E. Judistira, S. Nurliani, R. S. Darmono and I. Putri, "Penerapan Deep Learning dalam Analisis Citri Gigi," *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial,* vol. 2, no. 4, pp. 117-128, Oktober 2024.

H. A. D. Fasnuari, H. Yuana and M. T. Chulkamdi, "Penerapan Algoritma K-Nearest Neighbor (K-Nn) Untuk Klasifikasi Penyakit Diabetes Melitus Studi Kasus : Warga Desa Jatitengah," *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika,* vol. 16, no. 2, p. 133 – 142, 2022.

Q. A'yuniyah and M. Reza, "Penerapan Algoritma K-Nearest Neighbor Untuk Klasifikasi Jurusan Siswa Di Sma Negeri 15 Pekanbaru," *Indonesian Journal of Informatic Research and Software Engineering,* vol. 3, no. 1, pp. 39-45, 2023.

Saluky and Y. Marine, "PENERAPAN ALGORITMA CANNY UNTUK DETEKSI TEPI MENGGUNAKAN PYTHON DAN OPENCV," *SMART TECHNO,* vol. 5, no. 1, p. 1 – 7, 2023.

M. E. A. Rivan, S. Devella and J. Saputra, "Pengenalan Iris Dengan Normalisasi Menggunakan LBP dan RBF," *Jurnal CoreIT,* vol. 6, no. 2, pp. 122-127, 2020.

F. Khairunnisa, M. G. Suryanata and J. Prayudha, "Pengolahan Citra Untuk Mendeteksi Tepi Citra Gigi Berlubang Menggunakan Metode Canny," *JURNAL SISTEM INFORMASI TGD,* vol. 3, no. 2, pp. 320-329, 2024.

D. Retnoningrum, A. W. Widodo and M. A. Rahman, "Ekstraksi Ciri Pada Telapak Tangan Dengan Metode Local Binary Pattern," Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, pp. 2611-2618, 2019.

Diantarakita, A. W. Widodo and M. A. Rahman, "Ekstraksi Ciri Pada Klasifikasi Tipe Kulit Wajah Menggunakan Metode Local Binary Pattern," Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, pp. 7938-7945, 2019.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Analisis Dinamik Sistem Reaksi Difusi Model Fitzhugh–Nagumo

Desy Ruth Meylinda Manurung[1*], Pardomuan Sitompul[2]
[1,2]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author: rdesy185@gmail.com*

Abstrak, sistem saraf adalah jaringan yang sangat kompleks yang bertanggung jawab untuk mengatur semua aktivitas dalam tubuh. Model FitzHugh–Nagumo adalah sistem reaksi-difusi yang digunakan untuk memodelkan konduksi impuls listrik di sepanjang serabut saraf. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh ambang batas a pada model FitzHugh-Nagumo dan mengetahui kestabilan titik kesetimbangan model tersebut. Metode yang digunakan adalah penelitian kepustakaan untuk analisis matematik dan simulasi model. Hasilnya menunjukkan bahwa metode Finite Difference dengan syarat batas Neumann memastikan perubahan potensial membran mengikuti aturan yang diberikan. Sistem potensial membran neuron presinaptik cenderung mengalami repolarisasi dengan peningkatan efek difusi dan hiperpolarisasi dengan peningkatan kecepatan perubahan potensial, namun akan depolarisasi jika keduanya seimbang, sementara sistem potensial membran neuron postsinaptik tetap stabil dan mengalami depolarisasi.
Kata kunci: Fitzhugh-Nagumo; Metode Finite Difference; Sistem Saraf

Abstract*, the nervous system is a highly complex network responsible for regulating all activities in the body. The FitzHugh-Nagumo model is a reaction-diffusion system used to model the conduction of electrical impulses along nerve fibers. This study aims to analyze the effect of a threshold on the FitzHugh-Nagumo model and determine the stability of the equilibrium point of the model. The method used is literature research for mathematical analysis and model simulation. The results show that the Finite Difference method with Neumann boundary conditions ensures that membrane potential changes follow a given rule. The presynaptic neuron membrane potential system tends to repolarize with an increase in the diffusion effect and hyperpolarize with an increase in the speed of potential change, but will depolarize if the two are balanced, while the postsynaptic neuron membrane potential system remains stable and depolarizes.*
Keywords*: Fitzhugh-Nagumo, Finite Difference Method, Neural System*

Citation : Manurung, D. R. M., & Sitompul, P. (2024). Analisis Dinamik Sistem Reaksi Difusi Model Fitzhugh–Nagumo. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 250 – 260

PENDAHULUAN

Matematika telah memberikan kontribusi besar terhadap kemajuan pengetahuan dan teknologi. Salah satu aspeknya adalah model matematika, yang merupakan bagian penting dari perkembangan ini. Setelah model dibangun, langkah selanjutnya adalah menyelesaikan persamaan yang telah dibuat. Menemukan solusi persamaan ini merupakan langkah penting yang menghubungkan rumus matematika dengan kehidupan nyata. Dengan kata lain pemodelan matematika adalah proses membangun model matematika untuk menggambarkan dinamika suatu sistem (Sutimin, 2007). Pemodelan matematika adalah cabang dari matematika terapan yang sangat penting dan bermanfaat. Salah satu aplikasi pemodelan matematika adalah dalam masalah sistem saraf. Model FitzHugh–Nagumo adalah sistem reaksi-difusi terkenal yang pertama kali diperkenalkan oleh Hodgkin dan Huxley untuk konduksi impuls listrik di sepanjang serabut saraf. Beberapa model matematis untuk neuron biologis yang mewakili perilaku neuron dalam hal potensi membran telah dikembangkan seperti model Hodgkin-Huxley (1952), model FitzHugh (1969), model Morris-Lecar (1981), model Hindmarsh-Rose (1984), khususnya model Hodgkin–Huxley yang menjadi motivasi persamaan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

FitzHugh–Nagumo yang mengekstrak perilaku esensial dalam bentuk sederhana. Seperti yang diketahui bahwa difusi ion ada di mana-mana ketika ion melewati sitomembran, jadi haruslah dipertimbangkan efek difusi pada sistem. Hal ini pernah dibahas oleh (Dikansky, 2005), ia menambahkan difusi ke sistem, dan memperoleh sistem reaksi-difusi sebagai berikut.

$$u_t = Du_{xx} + u(1-u)(u-a(x)) - v \quad (1)$$

$$v_t = \varepsilon(gu - bv - d) \quad (2)$$

Sistem Persamaan Diferensial (SPD) adalah gabungan beberapa persamaan diferensial yang terdiri dari dua atau lebih persamaan yang saling terikat. Suatu SPD dapat diklasifikasikan ke dalam dua kelompok, yaitu SPD linier dan SPD nonlinier. Adapun Bentuk sistem linier persamaan diferensial biasa, persamaan (3) (Perko, 2001), dimana $x \in R^n$ dan A adalah sebuah matriks $n \times n$ persamaan (4)

$$\dot{x} = Ax \quad (3)$$

$$\dot{x} = \frac{dx}{dt} = \begin{bmatrix} \frac{dx_1}{dt} \\ \vdots \\ \frac{dx_n}{dt} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Kestabilan dari titik kesetimbangan dapat diketahui dari solusi persamaan diferensialnya. Namun, tidak semua persamaan diferensial dapat ditentukan dengan mudah solusi eksaknya. Dalam hal ini, metode pelinieran dapat digunakan untuk menentukan apakah titik kesetimbangan tersebut bersifat stabil atau tidak di sekitar titik kesetimbangan (Boyce, 2001)

Sistem saraf terdiri dari jutaan neuron. Fungsi utama neuron adalah mengirimkan pesan berupa rangsangan atau tanggapan (Oswari, 2008). Organ efektor seperti otot dan kelenjar merupakan sel atau organ yang memberikan respon terhadap rangsangan (Yunita, 2009). Reseptor nyeri, yang juga dikenal sebagai nosiseptor, diaktifkan oleh rangsangan ini dan mengubahnya menjadi impuls saraf yang kemudian ditransmisikan dan diproses oleh sistem saraf pusat (Sukmawati, 2023). Impuls saraf menembus membran sel saraf sebagai potensial aksi. Proses ini didukung oleh adanya reseptor pada membran neuron, sehingga ketika aksoplasma (sitoplasma akson) bergerak, tidak menghalangi transmisi impuls saraf. Potensi aksi terjadi di sepanjang membran sel dan bergantung pada perbedaan konsentrasi ion natrium dan kalium di antara lingkungan intraseluler dan ekstraseluler. Perbedaan konsentrasi ini dipertahankan oleh enzim yang ada di membran sel yang disebut Na-K-ATPase, atau pompa Na-K. Pompa Na-K mengeluarkan tiga ion natrium dari sel dan membawa dua ion kalium ke dalam sel. Perbedaan konsentrasi ini menimbulkan potensial positif di luar membran sel dan potensial negatif di dalam sel.

Tingkat degradasi potensial membran, atau lebih tepatnya kecepatan repolarisasi dan pemulihan potensial membran setelah eksitasi, tidak memiliki nilai tetap yang universal. Ini bervariasi tergantung pada jenis sel (misalnya, neuron, sel otot jantung, dll.), lokasi, serta faktor-faktor lainnya seperti saluran ion dan mekanisme pengaturan. Setelah potensial aksi, membran neuron kembali ke potensial istirahat melalui repolarisasi. Ini terjadi ketika saluran ion natrium (Na^+) tertutup, dan saluran ion kalium (K^+) terbuka, memungkinkan ion K^+ mengalir keluar dari sel, memulihkan kondisi negatif di dalam sel. Durasi repolarisasi di neuron biasanya dalam skala milidetik (1-5 m/s), sementara di sel otot jantung, proses ini bisa memakan waktu 200-300 milidetik tergantung pada jenis sel dan kondisi fisiologis (Susuki, 2008).

Ion Na+ dengan mudah mengalir keluar dalam otot jantung, maka setelah repolarisasi, terjadi depolarisasi spontan saat ion Na+ kembali ke dalam sel, yang merupakan fenomena di mana ambang batas dan tegangan beroperasi tanpa rangsangan eksternal. Sel otot jantung yang mencapai nilai ambang batas dan potensial aksi pada laju tetap disebut laju alami atau laju basal membran sel (Irawati, 2015). Adapun kajian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh ambang batas a pada model Fitzhugh-Nagumo dan mengetahui simulasi kestabilan titik kesetimbangan model Fitzhugh-Nagumo pada ambang batas a.

METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini ialah studi pustaka atau riset kepustakaan (*Library Research*). Melalui analisis matematis, penelitian ini akan mengeksplorasi dinamika sistem reaksi difusi model FitzHugh-Nagumo dan melakukan simulasi terkait. Data untuk penelitian ini diperoleh dari sumber-sumber seperti buku referensi, jurnal ilmiah, dan dokumen terkait lainnya. Jenis data yang digunakan adalah data sekunder dari hasil penelitian sebelumnya. Berikut langkah-langkah yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian tersebut adalah mengumpulkan teori pendukung, menyajikan sistem reaksi difusi model fitzhugh–nagumo, menentukan titik kesetimbangan sistem reaksi difusi model fitzhugh–nagumo, menganalisis kestabilan titik kesetimbangan dengan melakukan linearisasi menggunakan metode beda *finite difference*, menentukan nilai parameter ε dan D berdasarkan kondisi ambang batas a, melakukan simulasi numerik metode finite difference dengan bantuan matlab dan menarik kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem persamaan FitzHugh-Nagumo (FHN) termasuk dalam kelas umum persamaan difusi reaksi (rd) dengan solusi bergelombang. Ini telah digunakan sebagai sistem rangsang umum untuk menangkap rincian penting tentang pembentukan pola dalam berbagai sistem rangsang, termasuk yang berkaitan dengan konduksi saraf dan jantung, serta sistem ekologi dan kimia.

$$u_t = Du_{xx} + u(1-u)(u-a) - v \quad (5)$$

$$v_t = \varepsilon(gu - bv - d) \quad (6)$$

Dimana, $u_t = Du_{xx} + u(1-u)(u-a(x)) - v$; $v_t = \varepsilon(gu - bv - d)$; $u(x,0) = u_0(x)$; $u(x,0) = u_0(x)$ dan $u_{x(0,t)} = u_x(L,t) = 0$. Untuk perhitungan numerik, sistem FHN diselesaikan di wilayah $x \in [0, L]$ dengan kondisi batas fluks nol dan kondisi awal di $t = 0$. Difusi Spasial D pada dasarnya memengaruhi sejauh mana informasi atau potensial membran dapat merata atau menyebar dalam ruang. Ini adalah faktor penting dalam membentuk pola dan dinamika sistem neuron, dan dapat mempengaruhi bagaimana neuron berinteraksi dan berkomunikasi satu sama lain dalam jaringan. Nilai D yang tinggi dapat menghasilkan efek difusi yang lebih kuat, sementara nilai yang rendah dapat menghasilkan efek difusi yang lebih terlokalisasi atau terbatas. Jika D tinggi, potensial membran u dapat lebih cepat menyebar, memungkinkan neuron untuk berkomunikasi lebih efisien dalam jaringan.

Titik Equilibrium

Ada model matematika Fitzhugh-Nagumo akan dicari titik equilibrium dengan cara membuat sistem tersebut dalam kondisi konstan terhadap waktu, yaitu kondisi dimana:

$$\frac{du}{dt} = 0 \quad , \quad \frac{dv}{dt} = 0$$

$$u(1-u)(u-a) - v = 0$$

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

$$v = u(1-u)(u-a)$$
$$v = u\ ;\ v = (1-u)\ ; v = (u-a)$$

Substitusi nilai v ke persamaan $(gu - bv - d = 0)$. Substitusi nilai $v = u$ persamaan $gu - bv - d = 0$ menjadi $gu - bu - d = 0$ sehingga diperoleh $u = \frac{d}{g-b}$ dan diperoleh nilai $g > b$. Kemudian untuk substitusi nilai $v = (1-u)$, maka persamaan menjadi $gu - b(1-u) - d = 0$, akan diperoleh persamaan $u = \frac{b+d}{g+b}$. Selannya jika persamaan disubstitusi nilai $v = (u-a)$ maka persamaan akan menjadi $gu - b(u-a) - d = 0$ dan akan diperoleh persamaan $u = \frac{d-ba}{g-b}$. Adapun untuk mendapatkan solusi dari $u = \frac{d-ba}{g-b}$, $gu - bv - d = 0$ dan $v = \frac{gu-d}{b}$ dan jika disubtitusikan ke $u(1-u)(u-a) - v = 0$, maka diperoleh $u(1-u)(u-a) - \frac{gu-d}{b} = 0$. Dengan demikian akan diperoleh nilai *u* untuk persamaan di atas dan diperoleh 3 solusi yang bisa terjadi yaitu u_1, u_2 dan u_3.

$$\boldsymbol{u_1} = \frac{1}{6b}\left(\left(8a^3b - 12a^2b - 12ab - 36ag + 12\left(-\frac{1}{b}\left(3(a^4b^3 - 2a^3b^3 - 4a^3b^2d + 2a^3b^2g + a^2b^3 + 6a^2b^2d - 8a^2b^2g + a^2bg^2 + 6ab^2d + 2ab^2g + 18abdg - 10abg^2 - 4b^2d - 27bd^2 + 18bdg + bg^2 - 4ag^3)\right)^{\frac{1}{2}} + 8b + 108d - 36g\right)b^2\right)^{\frac{1}{3}} + \left(2(a^2b - ab + b - 3g)\right) \Big/ \left(3\left(\left(8a^3b - 12a^2b - 12ab - 36ag + 12\left(-\frac{1}{b}\left(3(a^4b^3 - 2a^3b^3 - 4a^3b^2d + 2a^3b^2g + a^2b^3 + 6a^2b^2d - 8a^2b^2g + a^2bg^2 + 6ab^2d + 2ab^2g + 18abdg - 10abg^2 - 4b^2d - 27bd^2 + 18bdg + bg^2 - 4ag^3)\right)^{\frac{1}{2}} + 8b + 108d - 36g\right)b^2\right)^{\frac{1}{3}}\right) + \frac{1}{3} + \frac{a}{3}$$

$$\boldsymbol{u_2} = -\frac{1}{12b}\left(\left(8a^3b - 12a^2b - 12ab - 36ag + 12\left(-\frac{1}{b}\left(3(a^4b^3 - 2a^3b^3 - 4a^3b^2d + 2a^3b^2g + a^2b^3 + 6a^2b^2d - 8a^2b^2g + a^2bg^2 + 6ab^2d + 2ab^2g + 18abdg - 10abg^2 - 4b^2d - 27bd^2 + 18bdg + bg^2 - 4ag^3)\right)^{\frac{1}{2}} + 8b + 108d - 36g\right)b^2\right)^{\frac{1}{3}} - (a^2b - ab + b - 3g)/\left(3\left(\left(8a^3b - 12a^2b - 12ab - 36ag + 12\left(-\frac{1}{b}\left(3(a^4b^3 - 2a^3b^3 - 4a^3b^2d + 2a^3b^2g + a^2b^3 + 6a^2b^2d - 8a^2b^2g + a^2bg^2 + 6ab^2d + 2ab^2g + 18abdg - 10abg^2 - 4b^2d - 27bd^2 + 18bdg + bg^2 - 4ag^3)\right)^{\frac{1}{2}} + 8b + 108d - 36g\right)b^2\right)^{\frac{1}{3}}\right) + \frac{1}{3} + \frac{a}{3} + \frac{1}{2}\left(1\sqrt{3}\left(\frac{1}{6b}\left(\left(8a^3b - 12a^2b - 12ab - 36ag + 12\left(-\frac{1}{b}\left(3(a^4b^3 - 2a^3b^3 - 4a^3b^2d + 2a^3b^2g + a^2b^3 + 6a^2b^2d - 8a^2b^2g + a^2bg^2 + 6ab^2d + 2ab^2g + 18abdg - 10abg^2 - 4b^2d - 27bd^2 + 18bdg + bg^2 - 4ag^3)\right)^{\frac{1}{2}} + 8b + 108d - 36g\right)b^2\right)^{\frac{1}{3}} - \left(2(a^2b - ab + b - 3g)\right)\Big/\left(3\left(\left(8a^3b - 12a^2b - 12ab - 36ag + 12\left(-\frac{1}{b}\left(3(a^4b^3 - 2a^3b^3 - 4a^3b^2d + 2a^3b^2g + a^2b^3 + 6a^2b^2d - 8a^2b^2g +$$

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

$$a^2bg^2 + 6ab^2d + 2ab^2g + 18abdg - 10abg^2 - 4b^2d - 27bd^2 + 18bdg + bg^2 - 4ag^3))\Big)^{\frac{1}{2}} + 8b + 108d - 36g\Big)b^2\Big)^{\frac{1}{3}}\Big)\Big)\Big)\Big)$$

$$\boldsymbol{u_3} = -\frac{1}{12b}\Bigg(\Bigg(8a^3b - 12a^2b - 12ab - 36ag + 12\Big(-\frac{1}{b}\big(3(a^4b^3 - 2a^3b^3 - 4a^3b^2d + 2a^3b^2g + a^2b^3 + 6a^2b^2d - 8a^2b^2g + a^2bg^2 + 6ab^2d + 2ab^2g + 18abdg - 10abg^2 - 4b^2d - 27bd^2 + 18bdg + bg^2 - 4ag^3)\big)\Big)^{\frac{1}{2}} + 8b + 108d - 36g\Big)b^2\Bigg)^{\frac{1}{3}}(a^2b - ab + b - 3g)/\Bigg(3\Bigg(\Bigg(8a^3b - 12a^2b - 12ab - 36ag + 12\Big(-\frac{1}{b}\big(3(a^4b^3 - 2a^3b^3 - 4a^3b^2d + 2a^3b^2g + a^2b^3 + 6a^2b^2d - 8a^2b^2g + a^2bg^2 + 6ab^2d + 2ab^2g + 18abdg - 10abg^2 - 4b^2d - 27bd^2 + 18bdg + bg^2 - 4ag^3)\big)\Big)^{\frac{1}{2}} + 8b + 108d - 36g\Big)b^2\Bigg)^{\frac{1}{3}}\Bigg) + \frac{1}{3} + \frac{a}{3} - \frac{1}{2}\Bigg(1\sqrt{3}\Bigg(\frac{1}{6b}\Bigg(\Bigg(8a^3b - 12a^2b - 12ab - 36ag + 12\Big(-\frac{1}{b}\big(3(a^4b^3 - 2a^3b^3 - 4a^3b^2d + 2a^3b^2g + a^2b^3 + 6a^2b^2d - 8a^2b^2g + a^2bg^2 + 6ab^2d + 2ab^2g + 18abdg - 10abg^2 - 4b^2d - 27bd^2 + 18bdg + bg^2 - 4ag^3)\big)\Big)^{\frac{1}{2}} + 8b + 108d - 36g\Big)b^2\Bigg)^{\frac{1}{3}} - \big(2(a^2b - ab + b - 3g)\big)/\Bigg(3\Bigg(\Bigg(8a^3b - 12a^2b - 12ab - 36ag + 12\Big(-\frac{1}{b}\big(3(a^4b^3 - 2a^3b^3 - 4a^3b^2d + 2a^3b^2g + a^2b^3 + 6a^2b^2d - 8a^2b^2g + a^2bg^2 + 6ab^2d + 2ab^2g + 18abdg - 10abg^2 - 4b^2d - 27bd^2 + 18bdg + bg^2 - 4ag^3)\big)\Big)^{\frac{1}{2}} + 8b + 108d - 36g\Big)b^2\Bigg)^{\frac{1}{3}}\Bigg)\Bigg)\Bigg)\Bigg)$$

Pendekatan Numerik Model Fitzhugh-Nagumo

Pada bagian ini, akan dianalisis persamaan (5) dan (6) dengan pendekatan numerik metode *Finite Difference* sehingga diperoleh hasil sebagai berikut. Sehingga dapat ditulis menjadi:

$$f(x) = f(x_0) + f'(x_0)(x - x_0)$$

$$f'(x_0) = \frac{f(x) - f(x_0)}{(x - x_0)} \tag{7}$$

Adapun dengan persamaan (6), untuk turunan keduanya diperoleh,

$$f(x) \approx f(x_0) + f'(x_0)(x - x_0) + f''(x_0)(x - x_0)^2$$

$$f''(x_0)(x - x_0)^2 \approx f(x_0) + \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0}(x - x_0)$$

$$f''(x_0)(x - x_0)^2 = 2f(x) - 2f'(x_0)$$

$$f'(x_0) = \frac{f(x_0) - f(x_0 - t)}{x_0 - t} \text{ dan } f''(x_0) = \frac{f'(x_0) - f'(x_0 - t)}{x - t} = \frac{\frac{f(x_0 + t) - f(x_0)}{x - t} - \frac{f(x_0) - f(x_0 - t)}{x - t}}{\Delta t}$$

dimana $\Delta t = x - t$, kemudian untuk persamaan (4) diperoleh hasil sebagai berikut.

$$u_t = Du_{xx} + u(1 - u)(u - a) - v$$

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

$$\frac{u_i^{n+1}-u_i^n}{\Delta t}=D\left(\frac{u_{i+1}^n-2u_i^n+u_{i-1}^n}{\Delta x^2}\right)+u_i^n(1-u_i^n)(u_i^n-a)-v_i^n$$

$$u_i^{n+1}-u_i^n=\Delta t\left[D\left(\frac{u_{i+1}^n-2u_i^n+u_{i-1}^n}{\Delta x^2}\right)+u_i^n(1-u_i^n)(u_i^n-a)-v_i^n\right]$$

$$u_i^{n+1}=\Delta t\left[D\left(\frac{u_{i+1}^n-2u_i^n+u_{i-1}^n}{\Delta x^2}\right)+u_i^n(1-u_i^n)(u_i^n-a)-v_i^n\right]+u_i^n \quad (8)$$

Kemudian untuk persamaan (3) diperoleh hasil sebagai berikut.

$$v_t=\varepsilon(gu-bv-d)$$

$$\frac{v_i^{n+1}-v_i^n}{\Delta t}=\varepsilon(gu_i^n-bv_i^n-d)$$

$$v_i^{n+1}-v_i^n=\Delta t[\varepsilon(gu_i^n-bv_i^n-d)]$$

$$v_i^{n+1}=\Delta t[\varepsilon(gu_i^n-bv_i^n-d)]+v_i^n \quad (9)$$

Dimana dimisalkan untuk $u_0=\log\ (x+1)$ dan $v_0=e^{-x}$, dengan kondisi awal; (1) $u(x,0)=u_0(x)$; (2) $v(x,0)=v_0(x)$ dan syarat batas Neumann, $u_{x(0,t)}=u_x(L,t)=0$.

Simulasi Matlab

Pada bagian ini diberikan simulasi dari persamaan (8) dan (9). Simulasi numerik dilakukan untuk menggambarkan bagaimana pengaruh efek difusi (D) dan kecepatan perubahan potensial membran (ε) terhadap nilai ambang batas a. Berdasarkan (Dikansky,2005), didapat bahwa parameter a adalah nilai ambang batas konstan dengan nilai $\left(0<a<\frac{1}{2}\right)$. Nilai *threshold* saraf (ambang eksitasi) adalah tingkat potensial membran yang harus dicapai untuk memicu potensial aksi, yang merupakan sinyal listrik yang digunakan neuron untuk berkomunikasi.

Ketika potensial membran suatu neuron mencapai nilai *threshold* ini, saluran ion natrium (Na+) pada membran sel akan terbuka, memungkinkan ion natrium mengalir ke dalam sel, sehingga terjadi depolarisasi cepat dan menghasilkan potensial aksi. Setelah potensial aksi terjadi, neuron akan mengalami repolarisasi dan kembali ke nilai potensial istirahatnya. Kemudian siap untuk diaktifkan kembali. Jadi, nilai threshold saraf di-excite adalah titik kritis yang menentukan apakah sebuah neuron akan menghasilkan potensial aksi sebagai respons terhadap rangsangan yang diterimanya. Berdasarkan persamaan $u=\frac{d}{g-b}$, diperoleh bahwa $g>b$. Parameter a adalah nilai ambang batas konstan dengan nilai $\left(0<a<\frac{1}{2}\right)$.

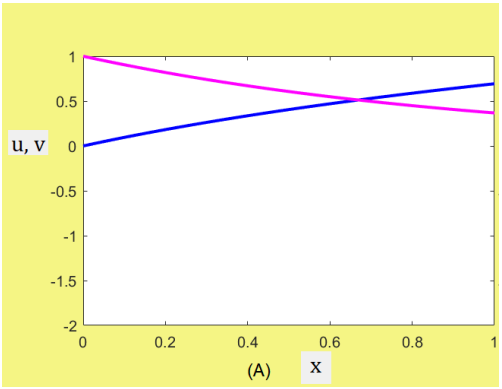
Tabel 1. Nilai Parameter

Parameter	Kasus I	Kasus II	Kasus III	Kasus IV	Kasus V	Kasus VI
a	0,5	0,5	0,5	0,75	0,75	0,75
g	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
b	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
d	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
D	0,05	0,075	0,05	0,05	0,05	0,075
ε	0,05	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05

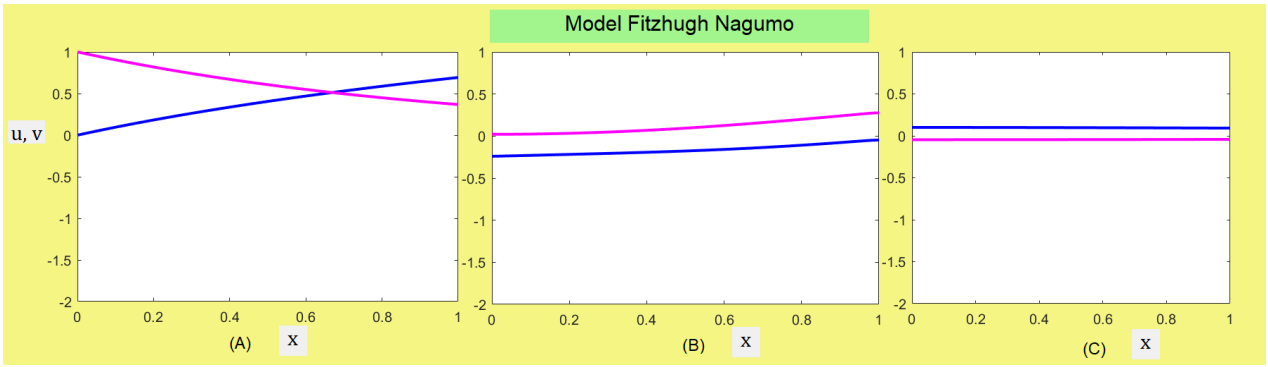
Adapun untuk kondisi awal, diasumsikan $u_0=\log\ (x+1)$ dan $v_0=e^{-x}$, dengan syarat batas Neumann, $u_{x(0,t)}=u_x(L,t)=0$. Berdasarkan gambar 1 diperoleh bahwasanya untuk kondisi awal $u(x,0)$ menggambarkan Potensial membran di sepanjang membran sel neuron menghasilkan sinyal atau aksi potensial mengubah potensial membran istirahat dan memungkinkan Na+ (natrium) mengalir dengan cepat ke dalam sel melalui saluran natrium sehingga tegangan ambang akan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

meningkat. Untuk kondisi awal $v(x,0)$ mencerminkan kemampuan neuron postsinaptik untuk merespons sinyal dari neuron presinaptik dimana aliran ion kalsium melambat hingga terhenti, namun aliran ion kalium mengalir keluar membran sel terus berlanjut sehingga menyebabkan potensial membran menurun (lebih negatif).



Gambar 1. Model Fitzhugh Nagumo Dengan Kondisi Awal $u(x,0)$ dan $v(x,0)$



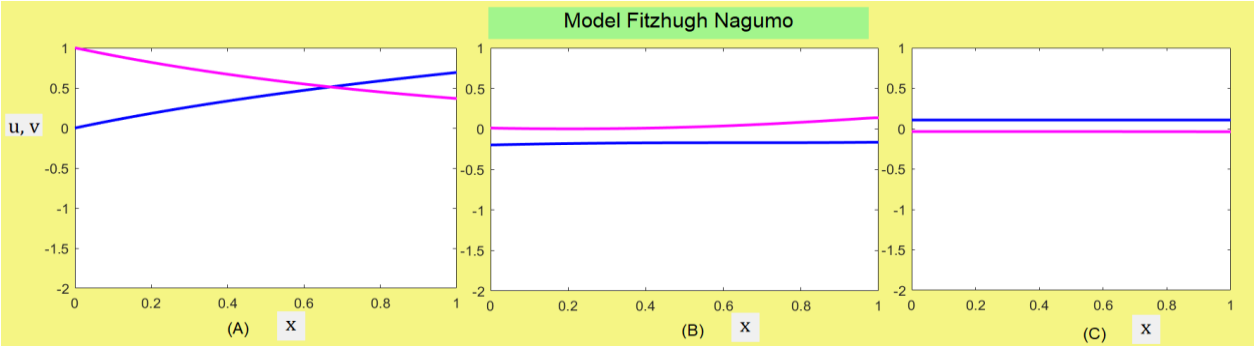
Gambar 2. Model Fitzhugh Nagumo Dengan Menggunakan Metode Beda Hingga dengan $D = 0.05$ dan $\varepsilon = 0.05$

Dari gambar 2 menunjukkan grafik hasil dari $u(x,t)$ dan $v(x,t)$ yang dimulai dengan nilai awal $u(x,0) = \log(x+1)$ dan $v(x,0) = e^{-x}$ dengan menggunakan metode beda hingga. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa $u(x,t)$ (potensial membran neuron presinaptik) mengalami penurunan dengan mengalami fase depolarisasi dan $v(x,t)$ (potensial membran neuron postsinaptik) mengalami penurunan dengan fase depolarisasi pada iterasi ke 35. Kemudian potensial membran stabil, $u(x,t)$ dan $v(x,t)$ mengalami fase polarisasi (istirahat). Jika efek difusi dan kecepatan perubahan potensial sama maka Impuls saraf pada membran presinaptik mengalami percepatan dalam mengubah energi listrik dengan proses pengeluaran neuron transmitter yang kemudian pada membran postsinaptik juga mengalami percepatan dalam mengubah kembali energi listrik menjadi impuls yang diteruskan ke otak.

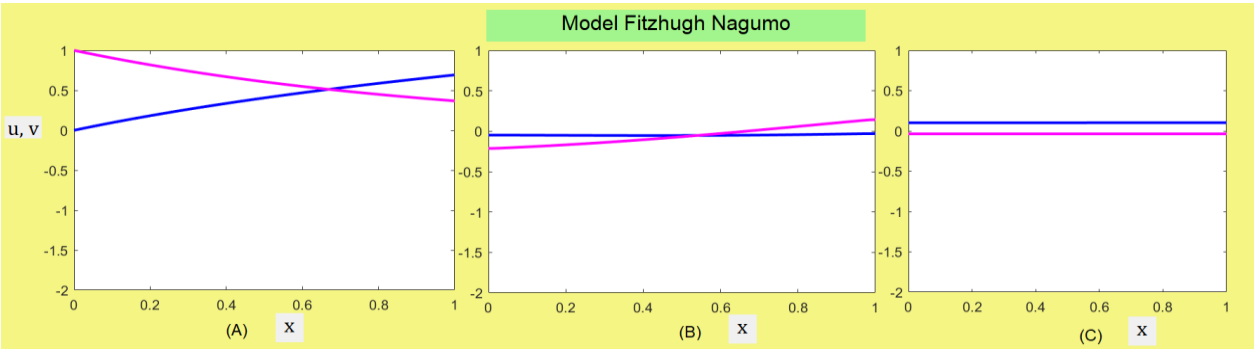
Dari gambar 3 menunjukkan grafik hasil dari $u(x,t)$ dan $v(x,t)$ yang dimulai dengan nilai awal $u(x,0) = \log(x+1)$ dan $v(x,0) = e^{-x}$ dengan menggunakan metode beda hingga. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa $u(x,t)$ (potensial membran neuron presinaptik) mengalami penurunan dengan mengalami fase polarisasi dan $v(x,t)$ (potensial membran neuron postsinaptik) mengalami penurunan dengan fase depolarisasi pada iterasi ke 35. Kemudian potensial membran stabil, $u(x,t)$ dan $v(x,t)$ mengalami fase polarisasi (istirahat). Jika efek difusi dinaikkan ke 0.075 dan kecepatan perubahan potensial 0.05 maka impuls saraf pada membran presinaptik tidak mengalami perubahan yang artinya setelah pengeluaran neuron transmitter, impuls dalam keadaan

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

normal namun hal ini berdampak pada percepatan pengubahan neuron transmitter menjadi impuls pada membran postsinaptik yang diteruskan ke otak.



Gambar 3. Model Fitzhugh Nagumo Dengan Menggunakan Metode Beda Hingga dengan $D = 0.075$ dan $\varepsilon = 0.05$

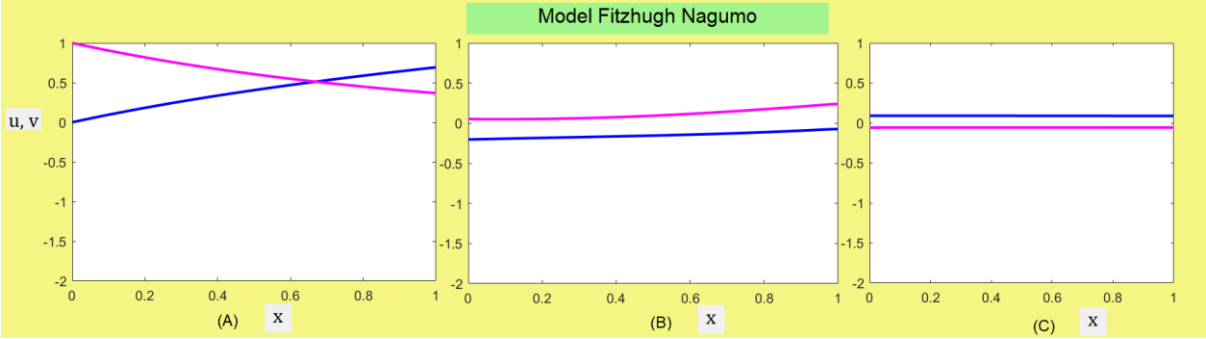


Gambar 4. Model Fitzhugh Nagumo Dengan Menggunakan Metode Beda Hingga dengan $D = 0.05$ dan $\varepsilon = 0.1$

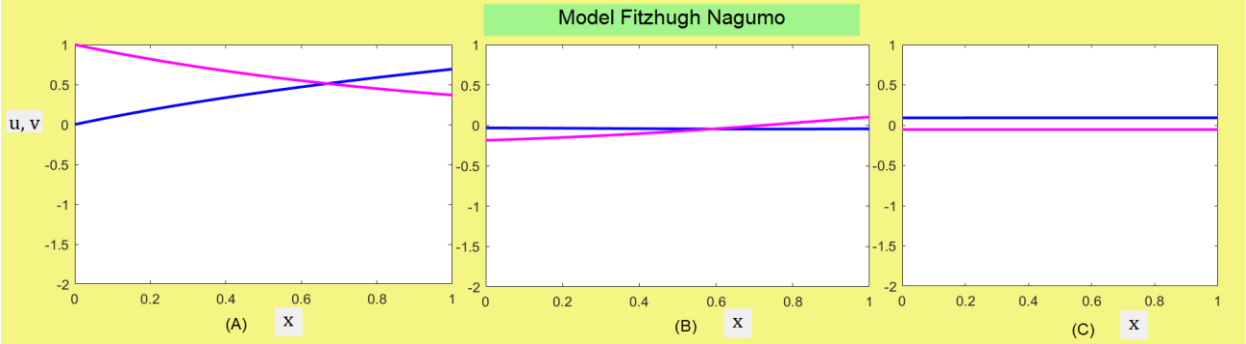
Dari gambar 4 menunjukkan grafik hasil dari $u(x,t)$ dan $v(x,t)$ yang dimulai dengan nilai awal $u(x,0) = \log(x+1)$ dan $v(x,0) = e^{-x}$ dengan menggunakan metode beda hingga. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa $u(x,t)$ (potensial membran neuron presinaptik) mengalami penurunan dengan mengalami fase hiperpolarisasi dan $v(x,t)$ (potensial membran neuron postsinaptik) mengalami penurunan dengan fase depolarisasi pada iterasi ke 35. Kemudian potensial membran stabil, $u(x,t)$ dan $v(x,t)$ mengalami fase polarisasi (istirahat). Jika efek difusi 0.05 dan kecepatan perubahan potensial dinaikkan ke 0.1 maka impuls saraf pada membran presinaptik mengalami perubahan hiperpolarisasi yang artinya setelah pengeluaran neuron transmitter, impuls mengalami perlambatan sampai kembali ke keadaan normal dan pada percepatan pengubahan neuron transmitter menjadi impuls pada membran postsinaptik yang diteruskan ke otak.

Dari gambar 5 menunjukkan grafik hasil dari $u(x,t)$ dan $v(x,t)$ yang dimulai dengan nilai awal $u(x,0) = \log(x+1)$ dan $v(x,0) = e^{-x}$ dengan menggunakan metode beda hingga. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa $u(x,t)$ (potensial membran neuron presinaptik) mengalami penurunan dengan mengalami fase depolarisasi dan $v(x,t)$ (potensial membran neuron postsinaptik) mengalami penurunan dengan fase depolarisasi pada iterasi ke 35. Kemudian potensial membran stabil, $u(x,t)$ dan $v(x,t)$ mengalami fase polarisasi (istirahat). Jika efek difusi dan kecepatan perubahan potensial sama maka Impuls saraf pada membran presinaptik mengalami percepatan dalam mengubah energi listrik dengan proses pengeluaran neuron transmitter yang kemudian pada membran postsinaptik juga mengalami percepatan dalam mengubah kembali energi listrik menjadi impuls yang diteruskan ke otak.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

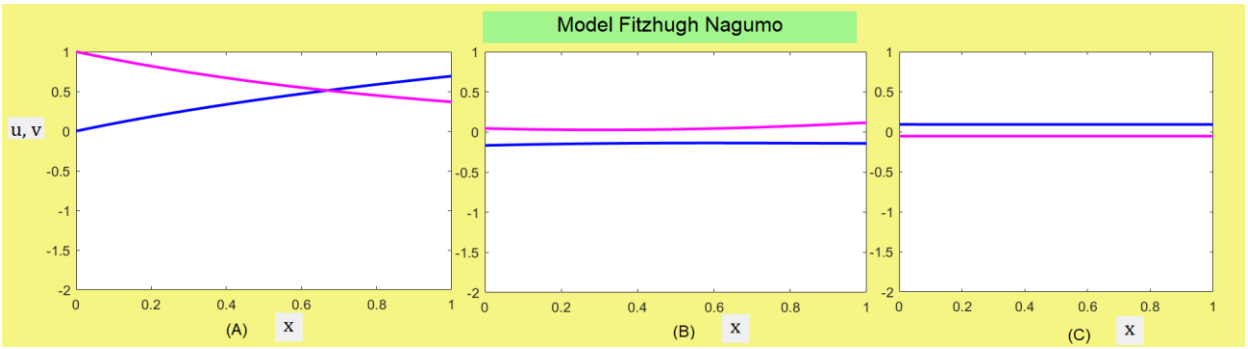


Gambar 5. Model Fitzhugh Nagumo Dengan Menggunakan Metode Beda Hingga dengan $D = 0.05$ dan $\varepsilon = 0.05$



Gambar 6. Model Fitzhugh Nagumo Dengan Menggunakan Metode Beda Hingga dengan $D = 0.05$ dan $\varepsilon = 0.1$

Dari gambar 6 menunjukkan grafik hasil dari $u(x,t)$ dan $v(x,t)$ yang dimulai dengan nilai awal $u(x,0) = \log(x+1)$ dan $v(x,0) = e^{-x}$ dengan menggunakan metode beda hingga. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa $u(x,t)$ (potensial membran neuron presinaptik) mengalami penurunan dengan mengalami fase hiperpolarisasi dan $v(x,t)$ (potensial membran neuron postsinaptik) mengalami penurunan dengan fase depolarisasi pada iterasi ke 35. Kemudian potensial membran stabil, $u(x,t)$ dan $v(x,t)$ mengalami fase polarisasi (istirahat). Jika efek difusi 0.05 dan kecepatan perubahan potensial dinaikkan ke 0.1 maka impuls saraf pada membran presinaptik mengalami perubahan hiperpolarisasi yang artinya setelah pengeluaran neuron transmitter, impuls mengalami perlambatan sampai kembali ke keadaan normal dan pada percepatan pengubahan neuron transmitter menjadi impuls pada membran postsinaptik yang diteruskan ke otak.



Gambar 7. Model Fitzhugh Nagumo Dengan Menggunakan Metode Beda Hingga dengan $D = 0.075$ dan $\varepsilon = 0.05$

Dari gambar 7 menunjukkan grafik hasil dari $u(x,t)$ dan $v(x,t)$ yang dimulai dengan nilai awal $u(x,0) = \log(x+1)$ dan $v(x,0) = e^{-x}$ dengan menggunakan metode beda hingga. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa $u(x,t)$ (potensial membran neuron presinaptik) mengalami

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

penurunan dengan mengalami fase repolarisasi dan $v(x,t)$ (potensial membran neuron postsinaptik) mengalami penurunan dengan fase depolarisasi pada iterasi ke 35. Kemudian potensial membran stabil, $u(x,t)$ dan $v(x,t)$ mengalami fase polarisasi (istirahat). Jika efek difusi dinaikkan ke 0.075 dan kecepatan perubahan potensial 0.05 maka impuls saraf pada membran presinaptik mengalami perubahan yang artinya setelah pengeluaran neuron transmitter, impuls dalam keadaan normal namun hal ini berdampak pada percepatan pengubahan neuron transmitter menjadi impuls pada membran postsinaptik yang diteruskan ke otak.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian, diperoleh ialah pendekatan numerik metode *Finite Difference* digunakan untuk menganalisis persamaan diferensial parsial (PDE) Fitzhugh-Nagumo, yang menggambarkan dinamika potensial membran neuron. Dengan mendiskretkan ruang dan waktu, turunan parsial pertama dan kedua dari variabel u dan v diaproksimasi menggunakan skema selisih hingga. Persamaan u dan v kemudian diurai menjadi bentuk diskret yang memungkinkan iterasi waktu untuk menghitung nilai u dan v pada setiap titik dalam domain spasial dan temporal. Implementasi numerik ini melibatkan inisialisasi dengan kondisi awal yang ditentukan dan penerapan syarat batas Neumann untuk memastikan bahwa perubahan potensial membran pada batas-batas domain mengikuti aturan yang diberikan. Dengan cara ini, metode numerik *Finite Difference* memberikan wawasan penting tentang perilaku kompleks sistem saraf dan mekanisme regulasi ritme biologis.

Analisis ini membantu memahami bagaimana parameter-parameter sistem dapat diatur untuk mempengaruhi pola aktivitas neuron, yang berpotensi memberikan kontribusi signifikan dalam penelitian neurofisiologi dan pengembangan intervensi terapeutik untuk gangguan neurologis. Berdasarkan simulasi model Fitzhugh Nagumo pada ambang batas a dengan iterasi waktu ke-35 jika nilai ambang batas a $\left(0 < a < \frac{1}{2}\right)$ diperoleh bahwa sistem u cenderung mengalami repolarisasi apabila efek difusi ditingkatkan dan mengalami hiperpolarisasi apabila kecepatan perubahan potensial ditingkatkan. Namun sistem u akan mengalami fase depolarisasi apabila nilai dari efek difusi dan kecepatan perubahan potensial sama. Sedangkan untuk sistem v tidak mengalami gangguan apabila parameter efek difusi dan kecepatan perubahan potensial diubah, sistem akan tetap mengalami fase depolarisasi. Pada iterasi ke-500, sistem u dan v akan stabil atau mengalami fase istirahat. Model Fitzhugh-Nagumo dapat diperluas kembali dengan menambahkan faktor kecepatan respon saraf terhadap stimulus yang diberikan dan memberikan fungsi ambang batas yang relevan dengan model.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih diucapkan kepada Dosen Pembimbing yang telah memberikan dukungan sehingga penelitian bisa terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Boyce, W., E. D. R. C. (2001). *Elementary Differential Equestions and Boundary Value Problem*. John Wiley and Sons, Inc.

Dikansky, A. (2005). Fitzhugh-Nagumo Equations in a Nonhomogeneous Medium. *Discrete and Continuous Dynamical Systems*, *3*, 216–224.

Irawati, L. (2015). Aktifitas Listrik pada Otot Jantung. *Jurnal Kesehatan Andalas*, *4*(2), 596–599.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

https://doi.org/10.25077/jka.v4i2.306

Oswari, S. (2008). *Model Matematika Penjalaran Impuls Saraf pada Satu Sel Saraf di Subthalamik Nukleus*.

Perko, L. (2001). *Differential Equation and Dynamics*. Springer Verlag New York.

Sukmawati, A. S. (2023). *BUKU AJAR PEMENUHAN KEBUTUHAN DASAR MANUSIA*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.

Susuki, K., dan Rasband. (2008). MN Mekanisme molekuler pembentukan nodus Ranvier. *Opini Terkini Dalam Biologi Sel*, 616–623.

Sutimin, W. (2007). *Pemodelan Matematika*. Universitas Diponegoro.

Yunita, D. (2009). *Dinamika Impuls pada Satu Sel Saraf dengan Akupuntur sebagai Stimulus*.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Estimator *Modified Jackknife* untuk Mengatasi Multikolinieritas pada Regresi *Poisson*

(Studi Kasus: Angka Kematian Bayi di Provinsi Sumatera Utara)

Fauza Nadya[1*], Sudianto Manullang[2]

[1,2]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia

**Coresponding Author: fauzanadya75@gmail.com*

Abstrak, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui model terbaik yang terbentuk dalam mengatasi masalah multikolinieritas dari hasil perbandingan estimator metode modified jackknife dan untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi angka kematian bayi di Provinsi Sumatera Utara. Metode modified jackknife ini terdiri atas metode poisson ridge regression, jackknife poisson ridge regression, dan modified jackknife poisson ridge regression. Terdapat sepuluh faktor yang digunakan dalam penelitian ini dimana pada setiap faktor dilakukan proses centering and scalling. Hasil pemodelan dalam kasus ini menunjukkan bahwa estimator modified jackknife poisson ridge regression lebih baik dibandingkan dua metode lainnya untuk parameter ridge k_1, k_2, k_3, k_4 dengan nilai MSE terkecil diperoleh oleh $k_1 = 0.03667833$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode modified jackknife poisson ridge regression lebih baik dalam mengatasi kasus multikolinearitas pada angka kematian bayi di Provinsi Sumatera Utara dan berdasarkan model yang diperoleh sepuluh faktor berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian bayi dengan koefisien determinasi dengan metode modified jackknife poisson ridge regression adalah sebesar $R^2 = 0.8506$.

Kata kunci: AKB; Modified Jackknife; Multikolinieritas; MSE; Regresi Poisson

***Abstract**, this research aims to identify the best model formed to address the issue of multicollinearity from the comparison of the modified jackknife method estimators and to analyze the factors influencing the infant mortality rate in North Sumatra Province. The modified jackknife method includes poisson ridge regression, jackknife poisson ridge regression, and modified jackknife poisson ridge regression. There are ten factors used in this study, where each factor undergoes a process of centering and scaling. The modeling results in this case indicate that the modified jackknife poisson ridge regression estimator is superior to the other two methods for the ridge parameters k_1, k_2, k_3, k_4, with the smallest MSE value obtained for $k_1 = 0.03667833$. It can be concluded that the modified jackknife poisson ridge regression method is better at addressing multicollinearity issues in infant mortality rates in North Sumatra Province. Based on the model obtained, ten factors significantly influence the number of infant deaths, with a coefficient of determination using the modified jackknife poisson ridge regression method of $R^2 =$ 0,8506.*

***Keywords**: AKB, Modified Jackknife, Multicollinearity, MSE, Poisson Regression*

Citation : Nadya, F., & Manulang, S. (2024). Estimator Modified Jackknife untuk Mengatasi Multikolinieritas pada Regresi Poisson (Studi Kasus: Angka Kematian Bayi di Provinsi Sumatera Utara). *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 261 – 272

PENDAHULUAN

Dalam statistika analisis regresi digunakan untuk menganalisis hubungan antara variabel dependen (Y) dan variabel independen (X). Model regresi yang dapat digunakan dalam menganalisis hubungan antara variabel dependen (Y) sebagai data diskrit dan variabel independen (X) adalah model regresi poisson (Safrida et al., 2013). Dalam analisis regresi harus terpenuhi beberapa asumsi klasik, salah satunya data tidak mengalami multikolinieritas (Setya Budi *et al*., 2024). Multikolinieritas yaitu adanya korelasi yang tinggi di antara variabel independen (Wulandari, 2020).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Multikolinieritas dalam konteks regresi dapat dilihat dengan beberapa cara, yaitu dengan mencari nilai Variance Inflation Faktor (VIF) dan Tolerance Value (TOL) (Ali dan Nugraha, 2019).

Metode paling populer untuk mengatasi masalah multikolinieritas adalah dengan analisis ridge regression yang dikemukakan oleh Hoerl dan Kennard (Türkan dan Özel, 2016). Sebelum dilakukannya pemodelan regresi ridge, perlu dilakukan transformasi data atau disebut dengan pemusatan dan penskalaan (centering &scaling) yang berguna untuk membuat perhitungan model regresi lebih sederhana dan lebih mudah (Ali dan Nugraha, 2019).

Dalam penelitiannya (Månsson dan Shukur, n.d.) merekomendasikan metode *Poisson Ridge Regression* (PRR) dapat digunakan untuk masalah multikolinieritas dan menunjukkan bahwa estimator PRR mengungguli *maximum likelihood* (ML) untuk analisis regresi *poisson*. Di sisi lain Singh, dkk mencatat bahwa penduga *ridge regression* mungkin membawa sejumlah besar bias yang telah diabaikan dalam literatur. Peneliti tersebut memperoleh penduga *ridge regression* yang hampir tidak bias menggunakan prosedur pengurangan bias *jackknifed*. Penduga *jackknifed* memiliki ukuran bias serta MSE yang lebih kecil dibanding *ridge regression* di beberapa kondisi. Karena alasan ini, estimator *jackknifed* menjadi lebih populer dan direkomendasikan di beberapa tahun terakhir (Türkan dan Özel, 2016).

Penelitian sebelumnya terkait dengan cara mengatasi multikolineritas dengan metode regresi ridge pada kasus angka kematian bayi di Provinsi Jawa Timur yang dilakukan oleh Puji Sri Lestari, dkk yang menyatakan bahwa untuk mengatasi multikolinieritas pada model regresi diterapkan metode regresi *ridge*. Dalam penelitiannya variabel bayi berat badan lahir rendah, cakupan pelayanan kesehatan bayi, cakupan pemberian Vitamin A berpengaruh signifikan terhadap AKB dengan nilai koefisien determinasi pada model diperoleh sebesar 70,15% (Lestari *et al*., 2022). Penelitian lain juga dilakukan oleh Yolandini Eka Putri, dkk terkait analisis kematian akibat penyakit jantung yang mengalami masalah multikolineritas dengan menggunakan *poisson ridge regression* yang menyatakan bahwa dari keempat variabel, dua diantaranya memberikan dampak positif terhadap jumlah kematian akibat penyakit jantung (Putri, 2021). Penelitian lainnya juga dilakukan oleh Hany Devita, dkk untuk mengatasi masalah multikolineritas menggunakan metode *jackknife ridge regression* menyatakan bahwa metode *jackknife ridge regression* tersebut dapat mengatasi masalah multikolinieritas dengan baik yang memiliki nilai galat atau error yang kecil (Devita *et al*., 2014).

Dari pembahasan di atas dan beberapa penelitian terdahulu, maka peneliti tertarik menggunakan model regresi *poisson* untuk mengatasi masalah multikolineritas. Dengan menerapkan estimator *jackknifed* dalam analisis regresi yang mana memiliki error yang lebih kecil. Akan tetapi, punggunaan *Modified Jackknifed Poisson Ridge Regression* (MJPR) untuk model regresi *poisson* diusulkan. Estimator MJPR diasumsikan memiliki kinerja lebih baik dari pada penaksir *Poisson Ridge Regression* (PRR) dan *Jackknifed Poisson Ridge Regression* (JPR) (Türkan dan Özel, 2016).

Estimator baru *modified jackknifed poisson ridge regression* merupakan gabungan metode *poisson ridge regression* dan *jackknifed poisson ridge regression*. Keunggulan estimator baru *modified jackknifed* terletak pada kemampuannya untuk memberikan estimasi parameter yang lebih stabil dan akurat dalam situasi multikolinieritas. Dengan demikian, teknik ini dapat meningkatkan interpretasi hasil regresi *poisson* dan kepercayaan dalam model yang dibangun (Arrasyid *et al*., 2021).

Namun, melalui beberapa nilai parameter *ridge k* MJPR kurang tepat diantara kedua metode lainnya. Dengan demikian, gap penelitian yang signifikan terletak pada kebutuhan akan pendekatan yang tepat dan efektif dari perbanding tiga metode untuk mengatasi masalah multikolinieritas berdasarkan parameter *ridge k* yang diusulkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi secara

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

mendalam penggunaan metode yang tepat untuk menghasilkan model terbaik dalam menangani masalah multikolinieritas pada regresi *poisson*, dan untuk menganalisis variable independen yang mempengaruhi angka kematian bayi khususnya dalam konteks angka kematian bayi di Provinsi Sumatera Utara.

Menurut dinas kesehatan angka kematian bayi adalah banyaknya kematian bayi setelah lahir hingga sebelum bayi genap berusia satu tahun. AKB sangat penting sebagai suatu indikator untuk mengetahui gambaran tingkat kesehatan masyarakat. Masih tingginya tingkat AKB di Indonesia maka pelayanan kesehatan masyarakat dapat dikatakan kurang baik (Safrida *et al*., 2013). Badan Pusat Statistik (BPS) hasil long form SP2020 terkait AKB juga menyatakan bahwa Sumatera Utara merupakan provinsi dengan penyumbang tertinggi kedua AKB di pulau Sumatera. Dimana secara keseluruhan, dari 2021-2023 menunjukkan ada peningkatan sebesar 366 kematian. Dalam studi kasus mengenai AKB di provinsi Sumatera Utara, kehadiran multikolinieritas bisa menjadi masalah yang signifikan dalam analisis regresi *poisson*. Multikolinieritas muncul ketika variabel independen dalam model regresi saling berkorelasi kuat, mengakibatkan ketidakstabilan dan ketidakandalan perkiraan koefisien regresi. Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka penulis tertarik melakukan penelitian terkait dengan judul "Estimator *Modified Jackknife* untuk Mengatasi Multikolinieritas pada Regresi Poisson (Studi Kasus: Angka Kematian Bayi di Provinsi Sumatera Utara)".

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan penelitian riset kepustakaan dan penelitian studi kasus sebagai jenis penelitian. Riset kepustakaan merupakan kegiatan yang berkaitan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca, mencatat, dan mengolah bahan penelitian. Penelitian studi kasus merupakan penelitian yang dilakukan terhadap peristiwa nyata dengan menggunakan metode sistematis dalam melakukan pengamatan, pengumpulan data dan pelaporan hasilnya. Informasi dari penelitian ini dikumpulkan dari referensi jurnal, dan data kasus dari Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara yang berlokasikan di Jl.Prov. H. M. Yamin No. 41AA, Perintis, Kec. Medan Tim., Kota Medan Tim., Sumatera Utara 20232 sebagai lokasi pengambilan data.

Populasi dari penelitian ini, yaitu data yang bersumber dari Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara. Adapun sampelnya berupa data yang diambil dari subset tertentu dari populasi tersebut yang terdiri dari 33 kabupaten/kota. Desain penelitian ini menggunakan penelitian terapan yang merupakan penyelidikan sistematis, dan dilakukan terus menerus terhadap suatu permasalahan dengan tujuan praktis dan diperoleh hasil yang digunakan untuk tujuan tertentu. Penelitian ini menerapkan metode modified jackknife yang terdiri dari tiga metode yaitu: PRR, JPR, dan MJPR untuk mengatasi masalah multikolineritas pada kasus angka kematian bayi di Provinsi Sumatera Utara.

Berikut adalah prosedur penelitian yang akan dilakukan; (1) identifikasi masalah; (2) pengumpulan data; (3) identifikasi variabel penelitian, ini mencakup variabel independen (X) yaitu faktor-faktor yang berpengaruh terhadap angka kematian bayi dan variabel dependen (Y) yaitu jumlah AKB; (4) membuat statistika deskriptif data penelitian untuk menentukan karakteristik data berupa mean, standar deviasi, nilai maksimum dan nilai minumum. Uji distribusi *poisson* dengan persamaan (1), dimana $F(x) =$ Suatu fungsi peluang kumulatif data sampel, $S_n(x) =$ Suatu fungsi distribusi kumulatif *poisson*, dan $D =$ Jarak maks fungsi distribusi empiris dengan fungsi distribusi *poisson* (Tendriyawati *et al*., 2023)

$$D = \sup|F(x) - S_n(x)| \quad (1)$$

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Kemudian untuk estimasi parameter model regresi *poisson* menggunakan persamaan (2) dan sji ketetapan model regresi *poisson* dengan persamaan (3). Sedangkan untuk uji multikolinieritas, dengan persamaan (4) dengan VIF = *Variance Inflation Factor*; R_j^2 = Koefisien determinasi variabel ke-i dan $j = 1,2,\dots,p$, dengan R_j merupakan koefisien determinasi $ke-j$, j=$1,2,\dots,k$.

$$ln(\hat{\mu}_i) = \eta_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \cdots + \beta_k x_{ik} \quad (2)$$

$$D = 2\sum_{i=1}^{n}\{y_i \log\frac{y_i}{\mu_i}\} \quad (3)$$

$$VIF_j = \frac{1}{1-R_j^2} \quad (4)$$

Analisis metode *poisson ridge regression, jackknifie poisson ridge regression, dan modified jackknife poisson ridge regression* menggunakan R-Studio. Adapun prosedur analisis; (1) melakukan transformasi korelasi (*centering* dan *scalling*) terhadap variabel independent dengan persamaan (5); (2) analisis model regresi *poisson* dengan estimator *maximum likelihood* dari data hasil transformasi; (3) membentuk matriks $X^T\widehat{W}X$ dari data hasil transformasi, selanjutnya membentuk matriks G yang merupakan *vector eigen* dari matriks $X^T\widehat{W}X$, kemudian membentuk matriks $Z = XG$; (4) menghitung nilai estimator dengan persamaan (6); (5) menentukan nilai dari parameter ridge $k\hat{k}_1 = median\left(\frac{1}{mi}\right), \hat{k}_2 = median\,(s_i), \hat{k}_3 = median(q_i), \hat{k}_4 = max\,(q_i)$; (6) mensubstitusikan nilai k untuk memperoleh estimator *poisson ridge regression, jackknifie poisson ridge regression,* dan *modified jackknife poisson ridge regression;* dan (7) menghitung nilai MSE, bias dan variansi dari *poisson ridge regression, jackknifie poisson ridge regression,* dan *modified jackknife poisson ridge regression* dengan estimator $\hat{\gamma}_{ML}$ menggunakan persamaan (7).

$$X_{ij}^* = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_{ij} - \bar{x}_j)^2}} \quad (5)$$

$$\hat{\gamma}_{ML} = \Lambda_{PRR}^{-1} Z^T X^{-1} \widehat{W} \hat{s} \quad (6)$$

$$\hat{\gamma}_{PRR} = (I - kB^{-1})\,\hat{\gamma}_{ML} \quad (7)$$

$$var(\hat{\gamma}_{PRR}) = (I - kB^{-1})\Lambda_{PRR}^{-1}(I - kB^{-1}) \quad (8)$$

$$Bias(\hat{\gamma}_{PRR}) = E(\hat{\gamma}_{PRR}) - (\gamma) = -kB^{-1}\gamma \quad (9)$$

$$MSE(\hat{\gamma}_{PRR}) = (I - kB^{-1})\Lambda_{PRR}^{-1}(I - kB^{-1}) + (-kB^{-1}\gamma)(-kB^{-1}\gamma)^T \quad (10)$$

Berikut rumus untuk metode *jackknifie poisson ridge regression:*

$$\hat{\gamma}_{JPR} = (I - (kB^{-1})^2)\hat{\gamma}_{ML} \quad (11)$$

$$var(\hat{\gamma}_{JPR}) = (I - k^2B^{-2})\Lambda_{PRR}^{-1}(I - k^2\,B^{-2}) \quad (12)$$

$$Bias(\hat{\gamma}_{JPR}) = -k^2B^{-2}\gamma \quad (13)$$

$$MSE(\hat{\gamma}_{JPR}) = (I - kB^{-1})\Lambda_{PRR}^{-1}(I - kB^{-1}) + k^4B^{-2}\gamma\gamma^TB^{-2} \quad (14)$$

Berikut rumus untuk metode *modified jackknife poisson ridge regression*

$$\hat{\gamma}_{MJPR} = (I - k^2(B)^{-2})(I - kB^{-1})\,\hat{\gamma}_{ML} \quad (15)$$

$$Var(\hat{\gamma}_{MJPR}) = (I - k^2B^{-2})(I - kB^{-1})\Lambda_{PRR}^{-1}(I - kB^{-1})(I - k^2B^{-2}) \quad (16)$$

$$Bias(\hat{\gamma}_{MJPR}) = -k[I + (kB^{-1}) - kB^{-2}k]B^{-1}\gamma \quad (17)$$

$$MSE(\hat{\gamma}_{MJPR}) = (I - k^2(B)^{-2})(I - kB^{-1})\Lambda_{PR}^{-1}\,(I - kB^{-1})(I - k^2B^{-2}) + k^2w -_p B^{-1}\gamma\gamma^TB^{-1}w_p \quad (18)$$

Membandingkan nilai MSE dari ketiga metode tersebut, jika metode MJPR mendapatkan nilai MSE terkecil maka dapat dibentuk parameter $\hat{\gamma}_{MJPR}$ dari nilai MSE terkecil. Melakukan uji kelayakan model, uji parsial, dan uji simultan. Serta melihat nilai VIF yang sudah diatasi pada uji multikolinieritas. Kemudian membentuk persamaan *regresi ridge* dari data hasil transformasi untuk

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

metode *modified jackknife poisson ridge regression* persamaan (19) atau model persamaan di atas dapat diubah ke dalam bentuk asli regresi ridge seperti persamaan (20)

$$\ln(\mu_i) = \left(\hat{\gamma}_{MJPR}\right)_1 X_1 + \left(\hat{\gamma}_{MJPR}\right)_2 X_2 + \cdots + \left(\hat{\gamma}_{MJPR}\right)_p X_p \quad (19)$$

$$\hat{\beta}_{ML} = G\hat{\gamma}_{MJPR} \quad (20)$$

Sehingga persamaan ridge menjadi:

$$\ln(\mu_i) = \left(\hat{\beta}^*{}_{ML}\right)_1 X_1 + \left(\hat{\beta}^*{}_{ML}\right)_2 X_2 + \cdots + \left(\hat{\beta}^*{}_{ML}\right)_p X_p \quad (21)$$

kemudian melakukan transformasi persamaan regresi ridge ke bentuk awal tanpa *centering* dan *scalling* yaitu:

$$\hat{\beta}_{MLj} = \left(\frac{1}{\sqrt{n-1}\, S_{ij}}\right)\hat{\beta}^*{}_{MLj} \quad (22)$$

$$\hat{\beta}^*{}_{ML0} = -\hat{\beta}_{ML1}X_1 - -\hat{\beta}_{ML2}X_2 - \cdots - \hat{\beta}_{MLp}X_p \quad (23)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah jumlah kematian bayi di Provinsi Sumatera Utara (Y), jumlah ibu hamil yang mendapatkan TTD (X_1), jumlah bayi mendapatkan asi eksklusif < 6 bulan (X_2), jumlah bayi 6-11 mendapatkan vitamin A (X_3), jumlah persalinan ibu hamil yang ditolong tenaga medis (X_4), cakupan bayi yang mendapatkan pelayanan kesehatan (X_5), jumlah kunjungan ibu hamil dengan K1 (X_6), jumlah kunjungan ibu hamil dengan K4 (X_7), jumlah rumah tangga ber-PHBS (X_8), jumlah sarana kesehatan (X_9), jumlah tenaga medis (X_{10}).

Tahun 2023 jumlah kematian bayi di Provinsi Sumatera Utara terdata sebanyak 999 jiwa, angka tersebut menunjukkan peningkatan dari tahun sebelumnya. Berikut ini adalah statistik deskriptif pada data jumlah kematian bayi dan faktor-faktor yang mempengaruhinya di Provinsi Sumatera Utara pada tahun 2023. Manfaat dari analisis deskriptif adalah untuk memberikan penjelasan terkait ukuran-ukuran suatu data.

Tabel 1. Statistik Deskriptif

Variabel	N	*Mean*	Min.	Maks.	Std. Deviation
Y	33	30.27	5	127	29.176
X_1	33	2133.55	15	16941	3447.084
X_2	33	1040.61	81	8055	1660.084
X_3	33	4907.33	339	28341	5695.785
X_4	33	7595.12	771	44349	9071.563
X_5	33	7298.61	768	39938	8186.608
X_6	33	7157.00	694	37287	8380.768
X_7	33	7829.94	626	46300	9439.025
X_8	33	26336.67	249	140156	30822.988
X_9	33	2156.30	453	16657	2770.045
X_{10}	33	536.58	103	1699	451.313

Uji Distribusi Poisson

Uji distribusi *poisson* bertujuan untuk mengevaluasi data yang digunakan berdistribusi sesuai dengan distribusi *poisson* sebelum melanjutkan pada analisis regresi *poisson.* Uji disribusi *poisson* dapat dilihat berdasarkan hasil uji Komogrof-Smirnoov, dengan hipotesis $H_0 =$ Sampel berdistribusi *poisson* dan $H_1 =$ Sampel tidak berdistribusi *poisson.* Kriteria berikut digunakan untuk terima atau tolak hipotesis H_0 berdasarkan *p-value* atau nilai signifikansi uji yaitu, terima H_0 jika $D_{hitung} < D_{(\alpha,n)}$ atau nilai signifikansi $> \alpha$ dan tolak H_0 jika $D_{hitung} > D_{(\alpha,n)}$ atau nilai signifikansi $< \alpha$. Berdasarkan uji Kolmogorov-Smirnov diperoleh Asymp. Sig. (2-tailed) = 0,200, sehingga dapat

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

disimpulkan bahwa data yang digunakan berdistribusi *poisson* dimana nilai signifikansi $> \alpha$. Untuk mengetahui penaksiran parameter regresi *poisson* digunakan metode *maximum likelihood estimation* dan penyelesaiannya menggunakan *Iterative Weighted Least Square* untuk mendapatkan nilai estimasi regresi *poisson* parameter. Hasil dugaan estimasi parameter model pada angka kematian bayi menggunakan model *poisson* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Estimasi Parameter Model *Poisson*

Variabel	Parameter	Estimasi Parameter	Std. Error
Konstanta	β_0	2.598	0.07699
X_1	β_1	0.000129	0.00003136
X_2	β_2	−0.0002904	0.000113
X_3	β_3	0.00008717	0.0000302
X_4	β_4	0.00004689	0.0002908
X_5	β_5	−0.0002541	0.0001286
X_6	β_6	−0.00002139	0.00004213
X_7	β_7	0.0001592	0.0002432
X_8	β_8	0.000009117	0.000002687
X_9	β_9	0.00002596	0.00003429
X_{10}	β_{10}	0.0005428	0.0002698

Jadi, model regresi poisson yang terbentuk $ln(\hat{\mu}i) = 2.598 + 0.000129\ X_{i1} - 0.0002904\ X_{i2} + 0.00008717\ X_{i3} + 0.00004689\ X_{i4} - 0.0002541\ X_{i5} - 0.00002139\ X_{i6} + 0.0001592\ X_{i7} + 0.000009117\ X_{i8} + 0.00002596\ X_{i9} + 0.0005428\ X_{i10}$. Model memiliki intercept sebesar 2.598, menunjukkan ketika semua variabel independen bernilai nol, ln dari rata-rata kejadian yang diprediksi 2.598. Setiap koefisien variabel independen menggambarkan perubahan $ln(\hat{\mu}i)$ untuk setiap perubahan satu unit pada variabel tersebut.

Pengujian ketetapan model regresi *poisson* berguna melihat apakah suatu model yang diperoleh itu tepat atau tidak. Uji ini menggunakan statistik uji deviance dengan hipotesis yaitu, $H_0: \mu = exp(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \cdots + \beta_P)$ {model layak digunakan}, dan $H_1: \mu \neq exp(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \cdots + \beta_P)$ {model tidak layak digunakan}. Kriteria berikut digunakan untuk terima atau tolak hipotesis H_0 berdasarkan *p-value* atau nilai signifikansi uji yaitu, jika $D < \chi^2_{(\alpha,n-p)}$ atau nilai signifiknsi $> \alpha$, maka H_0 tidak ditolak, jika $D \geq \chi^2_{(\alpha,n-p)}$ atau nilai signifiknsi$\leq \alpha$, maka H_0 ditolak. Berdasakan statistik *daviance* diperoleh hasil nilai *deviance* $= 4.3942 < \chi^2_{(0.05\,;22)} = 33.924$ Dapat disimpulkan bahwa model layak digunakan dan sesuai untuk menggambarkan hubungan antara jumlah kematian bayi diprovinsi Sumatera Utara tahun 2023 dengan faktor-faktor yang mempengaruhinya.

Tabel 3. Nilai VIF Sepuluh Variabel Independen Regresi Poisson

Variabel Independen	Tol	VIF
Jumlah ibu hamil yang mendapatkan TTD (Fe3) (X_1)	.101	9.926
Jumlah bayi mendapatkan asi eksklusif <6 bulan (X_2)	.037	26.810
Jumlah bayi 6-11 mendapatkan vitamin A (X_3)	.036	27.765
Jumlah persalinan ibu hamil ditolong tenaga medis (X_4)	.000	4621.916
Cakupan bayi mendapatkan pelayanan Kesehatan (X_5)	.002	630.516
Jumlah kunjungan ibu hamil dengan K1 (X_6)	.008	121.137
Jumlah kunjungan ibu hamil dengan K4(X_7)	.000	3796.271
Jumlah rumah tangga ber-PHBS (X_8)	.174	5.734
Jumlah sarana kesehatan (X_9)	.103	9.668
Jumlah tenaga medis (X_{10})	.097	10.291

Deteksi multikolinieritas dilakukan untuk memastikan bahwa antara variabel independen satu dengan yang lainnya tidak terjadi korelasi. deteksi multikolinearitas di lakukan dengan melihat nilai VIF. Dengan hipotesis, H_0: Model regresi terdapat multikolinieritas, H_1: Model regresi tidak terdapat

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

multikolinieritas. Kriteria pengujian digunakan untuk terima atau tolak hipotesis H_0 berdasarkan *p-value* atau nilai signifikansi uji yaitu, tolak H_0 jika $VIF < 10$ atau $TOL < 0.1$ dan terima H_0 jika $VIF > 10$ atau $TOL > 0.1$. Dapat dilihat dilihat bahwa terjadi multikolinearitas data jumlah kematian bayi di Sumatera Utara tahun 2023 antar variabel independen model regresi *poisson*. Hal ini dapat dilihat dari nilai VIF variabel $X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_{10}$ yang lebih dari 10. Sehingga kita membutuhkan model regresi *poisson* yang mengakomodir multikolinearitas, salah satunya dengan metode *modified jackknife*.

Tabel 4. Nilai VIF Sepuluh Variabel Independen Regresi Poisson

Variabel	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
VIF	9.9	26.8	27.8	4621.9	630.5	121.1	3796.3	5.7	9.7	10.3

Analisis Regresi dengan Metode Modified Jackknife

Metode modified jackknifed terdiri dari *poisson ridge regression, jackknife poisson ridge regression,* dan *modified jackknife poisson ridge regression.* Sebelum dilakukannya penanganan untuk kasus multikolinearitas, terlebih daluhu melakukukan *centering and scalling* terhadap variabel independent menggunakan software R Studio. Data hasil transformasi tersebut dilakukan analisis regresi *poisson* kembali sehingga diperoleh estimator $(\hat{\beta}_{ML}^{*})$ yang diperoleh dengan iterasi IWLS, sehingga estimator $(\hat{\beta}_{ML}^{*})$ dipandang sebagai estimator optimal dalam jumlah kuadrat galat terbobot. Berikut ini adalah nilai estimator parameter metode *maximum likelihood* dengan data variabel *X* yang telah di standarisasi.

Tabel 5. Penduga Parameter dengan Metode *ML* pada Variabel *X* yang Telah di Standarisasi

Variabel	Parameter	Estimasi Parameter	Std. Error
Konstanta	β_0	3.1813	0.0380
X_1	β_1	2.5158	0.6116
X_2	β_2	−2.7271	1.0612
X_3	β_3	2.8085	0.9732
X_4	β_4	2.4060	14.9218
X_5	β_5	−11.7689	5.9578
X_6	β_6	−1.0141	1.9972
X_7	β_7	8.5015	12.9837
X_8	β_8	1.5896	0.4684
X_9	β_9	0.4068	0.5374
X_{10}	β_{10}	1.3857	0.6888

Selanjutnya mencari nilai vektor eigen baru dari matriks $X^T\widehat{W}X$ dan dibentuk $Z = XG$ dengan G merupakan vektor eigen dari matrik $X^T\widehat{W}X$. Kemudian akan diakukan estimasi dengan estimator $(\hat{\beta}_{ML}^{*})$ sebagai penduga koefisien Z yang merupakan penduga $(\hat{\gamma}_{ML})$ dari koefisen X.

Tabel 6. Penduga Parameter $(\hat{\gamma}_{ML})$

Variabel	γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	γ_5	γ_6	γ_7	γ_8	γ_9	γ_{10}
Penduga Parameter	−0.968	0.009	−1.448	1.372	3.267	1.079	−0.473	1.737	14.646	−3.062

Sesuai dengan konsep metode *modified jackknife* yang digunakan pada skripsi ini, akan dicari nilai tetapan bias k yang kemudian digunakan untuk menghitung nilai $K = kI$, dimana K adalah matriks diagonal. Dari hasil menggunakan $\hat{\gamma}_{ML}$ diperoleh nilai $\sigma^2 = 2409.907$ dimana σ^2merupakan *Mean Square Error* (MSE) dari *maximum likelihood* data yang ditransformasi. Berdasarkan metode yang digunakan dalam skripsi ini terdapat 4 parameter nilai k yang digunakan. Berikut hasil untuk konstanta bias k yang dihitung dengan program *R Studio* dan diperoleh pernduga parameter k_1, k_2, k_3 dan k_4, berturut-turut 0,0367; 0,0039; 0,0006; dan 0,0006. Berdasarkan hasil hasil nilai estimasi k diatas menggunakan $\hat{\gamma}_{ML}$ maka akan dihitung penduga parameter, varians, serta MSE dari metode

poisson ridge regression, jackknife poisson ridge regression, dan *modified jackknife poisson ridge regression.* Berikut penduga parameter, varians, serta MSE dari ketiga metode tersebut menggunakan bantuan *software R Studio*:

Tabel 7. Penduga Parameter, Varians, Bias, dan MSE berbagai Metode

	PRR			JPR			MJPR		
k	Bias	Varians	MSE	Bias	Varians	MSE	Bias	Varians	MSE
1	217.0792	27.18387	244.263	206.8206	56.82566	263.6463	226.9531	17.15859	244.1117
2	155.4242	148.788	304.2122	108.1887	297.7879	405.9766	201.1217	99.74401	300.8658
3	47.58926	737.4527	785.042	12.6857	1645.736	1658.422	71.93661	419.339	491.2756
4	47.68626	736.0618	783.7481	12.72696	1642.723	1655.45	72.0897	418.4934	490.5831

Tabel diatas merupakan hasil nilai MSE yang diperoleh melalui parameter ridge k menggunakan metode *poisson ridge regression, jackknife poisson ridge regression,* dan *modified jackknife poisson ridge regression.* Berdasarkan perbanding hasil ketiga tabel diatas dengan empat parameter ridge k yang menghasilkan nilai MSE terkecil adalah metode MJPR. Sehingga dapat disimpulkan untuk parameter ridge k yang tercantum dalam tabel 9 baik digunakan pada metode MJPR untuk studi kasus AKB di Provinsi Sumatera Utara ketika terjadi multikolinearitas. Selanjutnya membandingan diantara empat parameter ridge k yang menghasilkan nilai MSE terkecil dapat dilihat pada tabel 12 bahwa nilai MSE terkecil yaitu, pada parameter ridge $k_1 = 0.03667833$ sebesar 244.1117. Berikut parameter yang dihasilkan berdasarkan nilai MSE terkecil, dengan metode *modified jackknife poisson ridge regression* pada parameter ridge k_1 sebagai $\ln(\hat{\mu}_i) = -0.9666761\, X_{i1}^* + 0.008542669\, X_{i2}^* - 1.366007\, X_{i3}^* + 1.171073\, X_{i4}^* + 2.519820\, X_{i5}^* + 0.6180887\, X_{i6}^* - 0.1389517\, X_{i7}^* + 0.1388731\, X_{i8}^* + 0.01387282\, X_{i9}^* - 0.00005506313\, X_{i10}^*$

Berdasarkan hasil yang diperoleh di atas diperoleh hasil untuk koefisien determinasi dengan metode *modified jackknife poisson ridge regression* adalah sebesar $R^2 = 0.8506$. Hal ini menunjukkan bahwa 85.06 persen faktor-faktor dari angka kematian bayi di Provinsi Sumatera Utara dapat dijelaskan oleh variabel-variabel independen tersebut, sementara 14.94 bukan barasal dari variabel tersebut. Setelah mendapatkan nilai dugaan metode *modified jackknife poisson ridge regression* perlu dipastikan bahwa model regresi sudah tidak mengandung multikolinearitas dengan melihat nilai VIF< 10.

Tabel 8. Nilai VIF Baru

Variabel	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
VIF	1.099	1.132	1.144	1.082	1.050	1.090	1.071	1.058	1.055	1.049

Berdasarkan Tabel 8 dapat diketahui bahwa nilai VIF yang dihasilkan oleh setiap variabel independen seluruhnya berada di kriteria 10. Hal tersebut menunjukkan bahwa gejala multikolinearitas pada model regresi tidak terjadi. Setelah mendapatkan parameter dan masalah multikolinearitas dapat teratasi mengunakan metode *modified jackknife* maka selanjutnya melakukan uji simultan dan uji parsial. Pengujian secara simultan ini dilakukan untuk menunjukkan hubungan antara variabel dependen dengan variabel independen secara simultan.

Berdasarkan hasil yang didapatkan menggunakan statistik uji wald dengan bantuan *software R Studio.* Dengan level signifikansi ($\alpha\backslash alpha$) sebesar 0.05, kita membandingkan P-value dengan α. Karena P-value adalah 0 (lebih kecil dari 0.05), kita menolak hipotesis nol. Ini berarti bahwa hasil uji Wald secara statistik signifikan pada level 5%. Dengan kata lain, parameter-parameter dalam model jika diuji secara bersamaan signifikan secara statistik, yang berarti memiliki pengaruh signifikan dalam model tersebut. Selanjutnya dilakukan pengujian secara parsial diperlukan untuk

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

melihat pengaruh dari peubah terikat setiap variabel yang disertakan dalam model. Berikut disajikan tabel hasil uji secara parsial yang dihitung dengan bantuan *software R Studio.*

Selanjutnya dilakukan pengujian secara parsial diperlukan untuk melihat pengaruh dari peubah terikat setiap variabel yang disertakan dalam model. Berikut disajikan tabel hasil uji secara parsial yang dihitung dengan bantuan *software R Studio.* Nilai uji parsial, diperoleh nilai *p-value* X_1, X_2, X_3, dan X_4 secara berturut-turut 0,0455; 6,3 x 10^{-5} ; 1,9732 x 10^{-9} dan 1,332 x 10^{-15}, sedangkan variabel yang lain *p-value* nya 0. Oleh kerena $\mathrm{P} - Value < \mathrm{alpha}$, maka akan dibuat model baru terhadap variabel yang signifikan. Hasil Penduga Parameter *Modified Jackknife Poisson Ridge Regression* dengan k_1 dapat dikonversikan ke dalam bentuk model regresi *ridge* yang asli dengan mengalikan penduga parameter dengan matriks nilai eigen G dan diperoleh hasil dalam bentuk persamaan $\ln(\hat{\mu}_i) = \quad 1.9952917\, X_{i1}^* - 1.0967767\, X_{i2}^* + 0.9445108\, X_{i3}^* - 0.2679054\, X_{i4}^* - 0.2289486\, X_{i5}^* - 0.1152162\, X_{i6}^* - 0.3719027\, X_{i7}^* + 1.9356464\, X_{i8}^* + 0.6296512\, X_{i9}^* + 0.6686270\, X_{i10}^*$

Selanjutnya melakukan transformasi persamaan *modified jackknife poisson ridge regression* ke bentuk awal regresi dengan hanya memasukkan variabel yang signifikan. Setelah itu menghitung nilai β_0. Berikut perolehan hasil kedalam bentuk awal dengan estimator *modified jackknife poisson ridge regression* $\ln(\hat{\mu}_i) = -0.61250 + (1.023245 \times 10^{-4})X_1 - (1.167920 \times 10^{-4})X_2 + (2.931422 \times 10^{-5})X_3 - (5.220647 \times 10^{-6})X_4 - (4.943779 \times 10^{-6})X_5 - (2.430270 \times 10^{-6})X_6 - (6.965097 \times 10^{-6})X_7 + (1.110136 \times 10^{-5})X_8 + (4.017740 \times 10^{-5})X_9 - (2.618972 \times 10^{-4})X_{10}$.

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya kesesuaian dengan penelitian sebelumnya mengenai pengaruh variabel independen terhadap angka kematian bayi. Dalam studi ini, sepuluh variabel yang diduga mempengaruhi angka kematian bayi telah dianalisis menggunakan metode *modified jackknife poisson ridge regression*. Temuan ini konsisten dengan hasil dari studi-studi terdahulu, yang juga mengidentifikasi variabel-variabel serupa sebagai faktor signifikan dalam menentukan angka kematian bayi. Hasil ini menguatkan validitas dan konsistensi temuan dalam literatur yang ada, serta memberikan dukungan tambahan terhadap relevansi variabel-variabel tersebut dalam konteks penelitian iniBerikut model yang terbentuk menggunakan metode MJPR tersebut: $ln(\hat{\mu}_i) = -0.61250 + (1.023245 \times 10^{-4})X_1 - (1.167920 \times 10^{-4})X_2 + (2.931422 \times 10^{-5})X_3 - (5.220647 \times 10^{-6})X_4 - (4.943779 \times 10^{-6})X_5 - (2.430270 \times 10^{-6})X_6 - (6.965097 \times 10^{-6})X_7 + (1.110136 \times 10^{-5})X_8 + (4.017740 \times 10^{-5})X_9 - (2.618972 \times 10^{-4})X_{10}$

Model regresi Poisson yang dihasilkan menunjukkan hubungan antara berbagai variabel independen (X_i) dengan rata-rata kejadian yang diprediksi $(\hat{\mu}i)$. Interpretasi model yang terbentuk yaitu, ketika pada kota tertentu dimana semua faktor mendukung untuk tidak terjadinya kematian bayi atau dalam keadaan konstan. Model tersebut memiliki *intercept* sebesar -0.61250 menunjukkan bahwa ketika semua variabel independen X_i sama dengan nol, nilai logaritma dari rata-rata kejadian $ln\ (\hat{\mu}i)$adalah -0.61250. Ini berarti $\hat{\mu}i$ akan menjadi $e^{-0.61250} \approx 0.541$, yang merupakan nilai dasar ketika semua variabel lainnya tidak berkontribusi. Setiap koefisien pada variabel independen menggambarkan perubahan pada $ln(\hat{\mu}_i)$ untuk setiap perubahan satu unit pada variabel. Variabel X_1 : untuk setiap kenaikan nilai terhadap jumlah ibu hamil yang mendapatkan TTD (Fe3) sebesar satu satuan maka akan mengakibatkan peningkatan kecil dalam rata-rata kejadian kematian bayi sebesar $\exp(1.023245 \times 10^{-4}) \approx 1.0001$ bobot sekitar 0.01% dimana pada peubah lain dianggap tetap. Variabel X_2 : untuk setiap kenaikan nilai terhadap jumlah bayi mendapatkan asi eksklusif < 6 bulan

sebesar satu satuan maka akan mengakibatkan penuruan terhadap jumlah angka kematian bayi sebesar $\exp(1.167920 \times 10^{-4}) \approx 0.9999$ dimana pada peubah lain dianggap tetap. Variabel X_3 : untuk setiap kenaikan nilai terhadap jumlah bayi $6-11$ bulan yang mendapatkan vitamin A sebesar satu satuan maka akan mengakibatkan kenaikan terhadap jumlah angka kematian bayi sebesar $\exp(2.931422 \times 10^{-5}) \approx 1.0000293$ dimana pada peubah lain dianggap tetap.

Variabel X_4 : untuk setiap kenaikan nilai terhadap jumlah persalinan ibu hamil yang ditolong tenaga medis sebesar satu satuan maka akan mengakibatkan penurunan terhadap jumlah angka kematian bayi sebesar $\exp(5.220647 \times 10^{-6}) \approx 0.999995$ dimana pada peubah lain dianggap tetap. Variabel X_5: untuk setiap kenaikan nilai terhadap bayi yang mendapatkan pelayanan Kesehatan sebesar satu satuan maka akan mengakibatkan penurunan terhadap jumlah angka kematian bayi sebesar $\exp(4.943779 \times 10^{-6}) \approx 0.999995$ dimana pada peubah lain dianggap tetap. Variabel X_6 : untuk setiap kenaikan nilai terhadap jumlah kunjungan ibu hamil dengan K1 sebesar satu satuan maka akan mengakibatkan penurunan terhadap jumlah angka kematian bayi sebesar $\exp(2.430270 \times 10^{-6}) \approx 0.999997$ dimana pada peubah lain dianggap tetap.

Variabel X_7 : untuk setiap kenaikan nilai terhadap jumlah kunjungan ibu hamil dengan K4 sebesar satu satuan maka akan mengakibatkan penurunan terhadap jumlah angka kematian bayi sebesar $\exp(6.965097 \times 10^{-6}) \approx 0.999993$ dimana pada peubah lain dianggap tetap.Variabel X_8 : untuk setiap kenaikan nilai terhadap jumlah rumah tangga ber-PHBS sebesar satu satuan maka akan mengakibatkan kenaikan terhadap jumlah angka kematian bayi sebesar $\exp(1.110136 \times 10^{-5}) \approx 1.00001110136$ dimana pada peubah lain dianggap tetap. Variabel X_9 : untuk setiap kenaikan nilai terhadap jumlah sarana kesehatan sebesar satu satuan maka akan mengakibatkan kenaikan terhadap jumlah angka kematian bayi sebesar $\exp(4.017740 \times 10^{-5}) \approx 1.0000401774$ dimana pada peubah lain dianggap tetap. Variabel X_{10} : untuk setiap kenaikan nilai terhadap jumlah tenaga medis sebesar satu satuan maka akan mengakibatkan penurunan terhadap jumlah angka kematian bayi sebesar $\exp(2.618972 \times 10^{-4}) \approx 0.999738$ dimana pada peubah lain dianggap tetap.

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya kesesuaian dengan penelitian sebelumnya mengenai pengaruh variabel independen terhadap angka kematian bayi. Dalam studi ini, sepuluh variabel yang diduga mempengaruhi angka kematian bayi telah dianalisis menggunakan metode *modified jackknife poisson ridge regression*. Temuan ini konsisten dengan hasil dari studi-studi terdahulu, yang juga mengidentifikasi variabel-variabel serupa sebagai faktor signifikan dalam menentukan angka kematian bayi. Hasil ini menguatkan validitas dan konsistensi temuan dalam literatur yang ada, serta memberikan dukungan tambahan terhadap relevansi variabel-variabel tersebut dalam konteks penelitian ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari metode *poisson ridge regression, jackknife poisson ridge regression,* dan modified *jackknife poisson ridge regression* pada studi kasus angka kematian bayi di Provinsi Sumatera Utara tahun 2023 untuk mengatasi kasus multikolinieritas diperoleh bahwa estimator *modified jackknife poisson ridge regression* untuk parameter ridge k_1, k_2, k_3, k_4 mampu memberikan nilai varians dan MSE yang lebih kecil. Dimana nilai MSE terkecil 244.1117diperoleh dengan parameter ridge $k_1 = 0.03667833$ dan model persamaan baru yang dihasilkan untuk mengestimasi jumlah kematian bayi di Provinsi Sumatera pada tahun 2023 adalah $\ln(\hat{\mu}_i) = -0.61250 + (1.023245 \times 10^{-4})X_1 - (1.167920 \times 10^{-4})X_2 + (2.931422 \times 10^{-5})X_3 - (5.220647 \times$

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

$10^{-6})X_4 - (4.943779 \times 10^{-6})X_5 - (2.430270 \times 10^{-6})X_6 - (6.965097 \times 10^{-6})X_7 + (1.110136 \times 10^{-5})X_8 + (4.017740 \times 10^{-5})X_9 - (2.618972 \times 10^{-4})X_{10}$.

Berdasarkan model *modified jackknife poisson ridge regression* disimpulkan bahwa variabel ibu hamil yang mendapatkan TTD, jumlah bayi mendapatkan asi eksklusif < 6 bulan, jumlah bayi 6-11 bulan mendapatkan vitamin A, jumlah persalinan ibu hamil yang ditolong tenaga medis, cakupan bayi yang mendapatkan pelayanan kesehatan, jumlah kunjungan ibu hamil dengan K1, jumlah kunjungan ibu hamil dengan K4, jumlah rumah tangga ber-PHBS, jumlah sarana kesehatan, dan jumlah tenaga medis berpengaruh signifikan terhadap AKB di Provinsi Sumatera Utara. Dimana diperoleh $R^2 = 0.8506$ ini menunjukkan bahwa 85.06 persen faktor-faktor dari angka kematian bayi di Provinsi Sumatera Utara dapat dijelaskan oleh variabel-variabel independen tersebut, sementara 14.94 persennya bukan berasal dari variabel tersebut. Model diatas memiliki *intercept* sebesar -0.61250 menunjukkan bahwa ketika semua variabel independen X_i sama dengan nol, nilai logaritma dari rata-rata kejadian $ln\ (\hat{\mu}i)$adalah -0.61250. Ini berarti $\hat{\mu}i$ akan menjadi $e^{-0.61250} \approx 0.541$, yang merupakan nilai dasar ketika semua variabel lainnya tidak berkontribusi. Setiap koefisien pada variabel independen menggambarkan perubahan pada $ln(\hat{\mu}_i)$ untuk setiap perubahan satu unit pada variabel tersebut

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada kedua orang tua saya yang telah memberikan doa dan semangat sehingga karya ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Terimakasih penulis ucapkan kepada Bapak Sudianto Manullang, S.Si, M.Sc selaku dosen pembimbing penulis yang telah memberikan kritik dan saran terhadap karya ilmiah ini sehingga dapat disusun sesuai harapan dan diselesaikan dengan baik. Terimakasih penulis ucapkan kepada Kepala Dinas dan seluruh staff Dinas Kesehatan yang telah memberikan kesempatan dan memberikan izin kepada penulis untuk memperoleh data yang dibutuhkan selama penyusunan karya ilmiah ini. Terakhir terimakasih kepada diri saya sendiri yang telah berhasil menyelesaikan karya ilmiah ini. Semoga karya ilmiah ini memberikan manfaat bagi para pembacanya.

DAFTAR PUSTAKA

Ali, R. G., dan Nugraha, J. (2019). Penerapan Metode Regresi Ridge Dalam Mengatasi Masalah Multikolinearitas Pada Kasus Indeks Pembangunan Manusia Di Indonesia Tahun 2017. *Prosiding Sendika*, *5*(2), 239–248. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679&from=PT%0Ahttp://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52012PC0011:pt:NOT (diakses pada 29 Februari 2024)

Arrasyid, A. H., Ispriyanti, D., dan Hoyyi, A. (2021). Metode Modified Jackknife Ridge Regression Dalam Penanganan Multikolinieritas (Studi Kasus Indeks Pembangunan Manusia Di Jawa Tengah). *Jurnal Gaussian*, *10*(1), 104–113. https://doi.org/10.14710/j.gauss.v10i1.29922 (diakses pada 7 Maret 2024)

Devita, H., Sukarsa, I. K. G., dan N. Kencana, I. P. E. (2014). Kinerja Jackknife Ridge Regression Dalam Mengatasi Multikolinearitas. *E-Jurnal Matematika*, *3*(4), 146. https://doi.org/10.24843/mtk.2014.v03.i04.p077 (diakses pada 11 Maret 2024)

Herawati, Sukma, Nisa, Nusyirwan, Saidi, Tiryono, dan Misgiyati. (2024). Poisson Ridge Regression for Multicollinearity Data: Case Study of the Number of Maternal Deaths in Lampung Province,

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Indonesia. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, *13*(1).

Lestari, P. S., Martha, S., dan Debataraja, N. N. (2022). Penerapan Metode Regresi Ridge Pada Kasus Angka Kematian Bayi Di Provinsi Jawa Timur. *Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*, *11*(4), 603–610.

Månsson, K., dan Shukur, G. (n.d.). A Poisson Ridge Regression Estimator By. *Research Paper in Economics*. https://core.ac.uk/download/pdf/196255896.pdf (diakses pada 2 Maret 2024)

Manurung, R., Ariswoyo, S., dan Sembiring, P. (2013). Perbandingan Distribusi Binomial Dan Distribusi Poisson Dengan Parameter Yang Berbeda. *Saintia Matematika*, *1*(3), 299–312.

Putri, Y. E. (2021). *Analisis pada kematian akibat penyakit jantung di Rumah Sakit Umum Pusat H. Adam Malik Medan Menggunakan Poisson Ridge Regression (PRR)*. Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.

Rozak, A., dan Hidayati, W. S. (2019). *Pengolahan Data Dngan SPSS*. In Erhaka Utama Yogyakarta.

Safrida, N., Ispriyanti, D., dan Widiharih, T. (2013). Aplikasi Model Regresi Poisson Tergeneralisasi Pada Kasus Angka Kematian Bayi Di Jawa Tengah Tahun 2007. *Jurnal Gaussian*, *2*, 361–368. http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian (diakses pada 3 Maret 2024)

Setya Budi, A. D. A., Septiana, L., dan Panji Mahendra, B. E. (2024). Memahami Asumsi Klasik dalam Analisis Statistik: Sebuah Kajian Mendalam tentang Multikolinearitas, Heterokedastisitas, dan Autokorelasi dalam Penelitian. *Jurnal Multidisiplin West Science*, *3*(01), 01–11. https://doi.org/10.58812/jmws.v3i01.878 (diakses pada 3 Maret 2024)

Tendriyawati, Adhi, G. N., dan Abapihi, B. (2023). Pemodelan Regresi Poisson Terhadap Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Terjadinya Hipertensi Di Kota Kendari. *Jurnal Matematika, Komputasi dan Statistika*, *3*(April), 255–262.

Türkan, S., dan Özel, G. (2016). A new modified Jackknifed estimator for the Poisson regression model. *Journal of Applied Statistics*, *43*(10), 1892–1905.

Wulandari. (2020). *Pemodelan Poisson Ridge Regression (Prr) Pada Banyak Kematian Bayi Di Jawa Tengah*.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Peran Etnomatematika Budaya Melayu Terhadap Pembelajaran Matematika di Sekolah

Fitry Wahyuni
Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
Coresponding Author: wahyunifitry17@gmail.com

Abstrak, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi peran etnomatematika budaya Melayu dalam meningkatkan kualitas pembelajaran matematika di sekolah. Matematika sering kali dianggap sebagai mata pelajaran yang abstrak dan terpisah dari kehidupan sehari-hari, sehingga banyak siswa mengalami kesulitan dalam memahami dan mengaplikasikan konsep-konsep matematika. Padahal, budaya lokal, khususnya budaya Melayu, mengandung berbagai unsur matematis yang dapat dimanfaatkan untuk menghubungkan materi matematika dengan konteks kehidupan siswa. Penelitian ini mengidentifikasi elemen-elemen matematis dalam budaya Melayu, seperti pola geometris dalam arsitektur tradisional, tenunan songket dan sistem perhitungan dalam permainan tradisional, yang dapat diintegrasikan ke dalam pembelajaran matematika. Melalui metode kajian literatur, yang mencakup analisis berbagai sumber termasuk artikel jurnal dari penelitian terdahulu yang terkait etnomatematika dan aplikasinya dalam pembelajaran. . Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi elemen budaya Melayu dapat meningkatkan pemahaman matematis dan memperkuat identitas budaya siswa. Meskipun demikian, tantangan yang dihadapi meliputi keterbatasan sumber daya, kurangnya pemahaman guru tentang etnomatematika, serta waktu pembelajaran yang terbatas. Oleh karena itu, rekomendasi untuk pengembangan modul pembelajaran, pelatihan guru, dan kolaborasi dengan tokoh budaya lokal sangat penting. Kesimpulannya, penerapan etnomatematika dalam pembelajaran matematika tidak hanya membuat materi lebih kontekstual dan bermakna, tetapi juga berkontribusi pada pelestarian budaya lokal di kalangan siswa.
Kata kunci: etnomatematika, integrasi budaya, budaya Melayu, pembelajaran matematika, studi literatur.

Abstract, *This study aims to explore the role of Malay cultural ethnomathematics in enhancing the quality of mathematics education in schools. Mathematics is often perceived as an abstract subject disconnected from daily life, leading many students to struggle with understanding and applying mathematical concepts. However, local culture, particularly Malay culture, contains various mathematical elements that can bridge mathematics with students' real-life contexts. This research identifies mathematical elements in Malay culture, such as geometric patterns in traditional architecture, songket weaving, and counting systems in traditional games, that can be integrated into mathematics education. Using a literature review method, the study analyzes various sources, including journal articles from previous research related to ethnomathematics and its application in learning. The findings indicate that integrating Malay cultural elements can enhance mathematical understanding and strengthen students' cultural identity. However, challenges include limited resources, teachers' lack of understanding of ethnomathematics, and time constraints in the curriculum. Therefore, recommendations include developing teaching modules, providing teacher training, and collaborating with local cultural figures. In conclusion, incorporating ethnomathematics into mathematics education not only makes learning more contextual and meaningful but also contributes to the preservation of local culture among students.*
Keywords: *ethnomathematics, cultural integration, Malay culture, mathematics education, literatur study,*

Citation : Wahyuni, F. (2024). Peran Etnomatematika Budaya Melayu Terhadap Pembelajaran Matematika di Sekolah. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*.273 – 282

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

PENDAHULUAN

Matematika sering dipandang sebagai mata pelajaran yang abstrak dan terpisah dari kehidupan sehari-hari, yang mengakibatkan banyak siswa mengalami kesulitan dalam memahami dan mengaplikasikan konsep-konsep matematika. Di sisi lain, Indonesia memiliki kekayaan budaya yang luar biasa, termasuk budaya yang kaya akan unsur-unsur matematis dalam berbagais aspek kehidupannya. Kesenjangan antara pembelajaran matematika formal dengan realitas budaya ini menjadi tantangan tersendiri dalam dunia pendidikan.

Kearifan lokal dapat menjadi jembatan penghubung dari generasi ke generasi, yang secara terus menerus menjadi pegangan hidup dalam masyarakat dan berperan penting dalam meminimalisir pemudaran budaya bangsa kita (Misnasanti ets al., 2018). Peserta didik yang hadir di sekolah bukanlah wadah kosong yang dapat diisi dan dibentuk sesuai kehendak guru, karena mereka telah membawa nilai-nilai budaya yang berasal dari keluarga dan lingkungan masyarakat mereka. Oleh karena itu, sekolah dan guru memiliki peran penting dalam menanamkan nilai-nilai tersebut ke dalam diri anak, sehingga mampu membentuk jati diri yang dapat diabdikan kembali kepada masyarakat.

Pendekatan pembelajaran berbasis budaya adalah strategi yang bertujuan menciptakan lingkungan belajar serta merancang pengalaman pembelajaran dengan mengintegrasikan elemen budaya sebagai bagian yang tak terpisahkan dari proses pembelajaran. Strategi ini didasarkan pada pengakuan bahwa budaya merupakan elemen fundamental dalam pendidikan, yang mencerminkan komunikasi gagasan dan perkembangan pengetahuan (Akmalia et al., 2023). Pada pembelajaran berbasis budaya, budaya digunakan sebagai sarana bagi siswa untuk mengubah hasil observasi mereka menjadi bentuk dan prinsip kreatif yang berhubungan dengan alam. Dengan demikian, melalui pembelajaran berbasis budaya, siswa bukan sekadar meniru dan atau menerima saja informasi yang disampaikan tetapi siswa menciptakan makna, pemahaman dan arti dari informasi yang diperolehnya.

Menurut Gluzman et al., (2018) pembelajaran matematika dengan pendekatan etnomatematis berbasis budaya membantu siswa memahami lebih dalam tentang realitas, budaya, masyarakat, isu lingkungan, dan pemahaman diri mereka. dengan menyediakan konten matematika dan pendekatan paedagogis yang memungkinkan mereka untuk berhasil menguasai permasalahan - permasalahan matematika. Dengan mengintegrasikan budaya lokal dalam pembelajaran, siswa tidak hanya belajar matematika sebagai suatu disiplin ilmiah, tetapi juga mempelajari nilai-nilai budaya yang ada dalam masyarakat mereka. Pendekatan ini berfokus pada pengembangan keterampilan yang relevan dengan kehidupan sehari-hari, mengaitkan materi matematika dengan masalah nyata yang dihadapi, dan memberikan peserta didik kesempatan untuk menguasai pemecahan masalah yang lebih kontekstual.

Istilah etnomatematika pertama kali diperkenalkan oleh D'Ambrosio, seorang matematikawan dan pendidik asal Brazil yang berkontribusi besar dalam mengembangkan sisi sosial dan budaya dalam bidang matematika. Pada awalnya etnomatematika dibentuk dari tiga kata yaitu *ethno*, *mathema* dan *tics*. Istilah "*ethno*" diartikan sebagai sesuatu yang sangat luas, mengacu pada konteks sosial budaya, termasuk bahasa, jargon, kode perilaku, mitos, dan simbol. Sedangkan "*mathema*" dapat diartikan dengan menjelaskan, mengetahui, memahami, dan melakukan kegiatan seperti pengkodean, mengukur, mengklasifikasi, menyimpulkan, dan pemodelan. Terakhir, "*tics*" berasal dari techne, dan bermakna sama seperti teknik.

Menurut D'Ambrosio (1985) etnomatematika merujuk pada bentuk matematika yang diterapkan dalam konteks budaya suatu kelompok tertentu, seperti pada masyarakat suku, kelompok pekerja, anak-anak pada rentang usia tertentu, atau kelas profesional tertentu. Etnomatematika

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

mencakup metode, pengetahuan, dan praktik yang berkembang secara unik di dalam kelompok tersebut. Identitasnya sangat dipengaruhi oleh minat, motivasi, serta kode dan istilah khusus yang berbeda dari matematika akademik, karena disesuaikan dengan kebutuhan dan cara berpikir yang relevan dalam lingkungan sosial atau budaya mereka. Dalam pandangan ini, matematika tidak hanya dipahami sebagai disiplin akademik yang formal, tetapi juga sebagai bentuk ekspresi pengetahuan yang beragam sesuai dengan konteks budaya (D'Ambrosio, 1985)

Etnomatematika merupakan topik yang relatif baru dalam dunia pendidikan matematika di Indonesia. Meski demikian, sudah banyak penelitian yang membahas kontribusi etnomatematika dalam proses pembelajaran matematika, baik yang mengkaji peranannya dalam pengajaran maupun yang mengidentifikasi elemen-elemen etnomatematika dalam budaya tertentu. Penelitian-penelitian ini menawarkan pendekatan alternatif dalam menyelenggarakan pembelajaran matematika di sekolah. Etnomatematika juga memberikan kesempatan bagi siswa untuk memperluas wawasan mereka tentang bagaimana matematika diterapkan dalam berbagai konteks sosial dan budaya yang berbeda dari budaya mereka sendiri. Dengan demikian, pembelajaran matematika kini tidak hanya terbatas pada topik-topik akademis, tetapi juga mencakup topik yang relevan dengan budaya peserta didik. Tujuan utamanya adalah agar pembelajaran matematika lebih relevan dengan latar belakang budaya siswa, sehingga dapat membuat pembelajaran menjadi lebih menarik dan mudah dipahami. Seperti penelitian terdahulu yang dilakukan Rosa & Orey (2016) yang menjelaskan bahwa pendekatan berbasis budaya dalam matematika mampu meningkatkan pemahaman siswa dengan cara mengintegrasikan elemen budaya dan konteks lokal ke dalam pembelajaran. Pendekatan ini memungkinkan siswa melihat matematika melalui sudut pandang budaya mereka, yang pada gilirannya meningkatkan keterhubungan mereka dengan konsep-konsep matematika yang diajarkan.

Indonesia merupakan negara kepulauan yang mempunyai pulau-pulau terbentang dari Sabang sampai Merauke. Dari berbagai suku dan budaya yang ada di Indonesia, salah satu suku tertua di Sumatera adalah Suku Melayu. Budaya Melayu memiliki berbagai aspek yang kaya akan konsep matematis. Dari pola-pola geometris dalam tenunan songket, sistem perhitungan tradisional dalam permainan, hingga konsep proporsi dalam arsitektur rumah adat. Seperti dalam penelitian yang dilakukan oleh Nuh et al., (2021) yang menyimpulkan bahwa dengan memanfaatkan budaya yang ada di lingkungan siswa, guru dapat membentuk pembelajaran kreatif seperti membuat game dan kegiatan menyenangkan lainnya yang mempekerjakan beberapa konsep matematika seperti membuat jaringan, strategi, dan pola. Semua ini merupakan bukti nyata bahwa matematika telah menjadi bagian integral dari kehidupan masyarakat Melayu sejak lama. Akan tetapi, potensi besar ini belum dimanfaatkan secara optimal dalam sistem pendidikan formal.

Rendahnya prestasi matematika siswa di Indonesia dalam berbagai asesmen internasional seperti *Programme for International Student Assessment* (PISA) dan *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) menunjukkan perlunya pendekatan baru dalam pembelajaran matematika. Data PISA tahun 2022 juga menunjukkan bahwa Indonesia masih berada di bawah rata-rata negara *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) dalam kemampuan matematika. Rendahnya hasil belajar matematika siswa di berbagai jenjang pendidikan menjadi perhatian serius dalam dunia pendidikan. Banyak siswa yang mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep matematika karena pendekatan pembelajaran yang kurang relevan dengan latar belakang budaya dan keseharian mereka. Kesenjangan ini mengakibatkan materi matematika terasa abstrak dan jauh dari pengalaman nyata siswa, sehingga motivasi dan minat mereka dalam belajar menurun. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan pendekatan pembelajaran berbasis budaya yang

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

mengintegrasikan nilai, simbol, dan praktik budaya lokal dalam pengajaran matematika. Dengan mengaitkan konsep-konsep matematika ke dalam konteks budaya yang dekat dengan kehidupan sehari-hari siswa, diharapkan siswa dapat lebih mudah memahami materi dan memiliki pengalaman belajar yang lebih bermakna. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan hasil belajar, tetapi juga memperkaya pemahaman siswa akan budaya mereka sendiri. Peneliti juga menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis konteks dan budaya lokal, seperti etnomatematika, dapat membantu meningkatkan relevansi pembelajaran dan pemahaman siswa terhadap materi matematika (Rosa & Orey, 2016). Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengeksplorasi bagaimana etnomatematika budaya Melayu dapat berperan dalam meningkatkan kualitas pembelajaran matematika di sekolah. Fokus utama penelitian ini adalah mengidentifikasi unsur-unsur matematis dalam budaya Melayu yang dapat diintegrasikan ke dalam pembelajaran, serta menganalisis bagaimana integrasi tersebut dapat meningkatkan pemahaman dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran matematika.

Signifikansi penelitian ini terletak pada upayanya untuk menyediakan landasan teoretis dan praktis bagi pengembangan pembelajaran matematika yang berbasis budaya. Dengan memahami peranan etnomatematika budaya Melayu dalam pembelajaran matematika di sekolah, diharapkan para pendidik dapat merancang dan mengimplementasikan pembelajaran yang tidak hanya efektif dalam mengajarkan konsep matematika, tetapi juga berkontribusi dalam pelestarian dan pengembangan nilai-nilai budaya lokal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi literatur. Data diperoleh dari berbagai sumber, seperti buku, artikel jurnal, dan penelitian sebelumnya yang membahas tentang etnomatematika dan pendidikan matematika. Menurut Sugiyono (2019) mendefinisikan studi literatur sebagai kajian teoritis dan referensi lain yang berkaitan dengan nilai, budaya, dan norma yang berlaku dalam situasi sosial tertentu. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan pendekatan studi pustaka dengan mengumpulkan referensi jurnal yang relevan, khususnya yang berfokus pada etnomatematika dalam budaya Melayu. Analisis dilakukan dengan mengidentifikasi berbagai konsep matematika yang terkandung dalam budaya Melayu dan mendiskusikan bagaimana konsep-konsep tersebut dapat diintegrasikan dalam pembelajaran di sekolah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Unsur Etnomatematika dalam Budaya Melayu

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa budaya Melayu memiliki beragam unsur etnomatematika yang dapat diintegrasikan dalam pembelajaran matematika. Beberapa temuan penting meliputi: *Geometri dalam Arsitektur Tradisional, Perhitungan proporsi dan skala dalam pembangunan rumah adat.*

Konsep simetri pada struktur rumah panggung Melayu, Rumah panggung Melayu, sebagai bentuk arsitektur yang paling menonjol, menampilkan berbagai konsep geometri yang diterapkan secara konsisten. Struktur bangunan yang ditopang oleh tiang-tiang (tongkat) menunjukkan penggunaan konsep garis sejajar dan tegak lurus. Penelitian (Hasanuddin, 2017) mengungkapkan bahwa jarak antar tiang diukur dengan diteliti menggunakan sistem pengukuran tradisional seperti depa dan hasta, yang mencerminkan pemahaman tentang konsep pengukuran dan proporsi. Selanjutnya, atap rumah Melayu yang berbentuk limas atau pelana menerapkan konsep bangun ruang

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dan sudut. Kemiringan atap yang ideal, menurut penelitian Indriani et al., (2019) berkisar antara 30 – 45 derajat. Pemilihan sudut ini tidak hanya berdasarkan pertimbangan estetika, tetapi juga perhitungan matematis untuk mengoptimalkan aliran air hujan dan sirkulasi udara. Bentuk atap yang simetris juga menunjukkan pemahaman tentang konsep pencerminan dalam transformasi geometri.

Pola-pola geometris pada ukiran dan ornamen tradisional, salah satu aspek yang paling menarik dari arsitektur Melayu adalah keberadaan ukiran dan ornamen yang menghiasi berbagai bagian bangunan. Nurhikmah et al., (2019) dalam penelitiannya mengidentifikasi konsep-konsep matematika yang terkandung pada ragam corak ukiran khas Melayu seperti konsep bangun datar dan bangun ruang yang dapat dikenali dari berbagai variasi ukirannya yang menunjukkan variasi panjang, alas dan tinggi pada segitiga, serta panjang dan lebar pada segiempat. Kemudian konsep pecahan,terlihat dari bagian-bagian kecil pada pola yang jika digabungkan akan membentuk yang utuh. Pendekatan pembelajaran berbasis konteks nyata ini membantu siswa lebih mudah memahami makna pecahan. Konsep perbandingan muncul dalam aktivitas menghitung saat membuat pola ukiran Melayu. Contohnya, jumlah pola yang sama dapat bervariasi tergantung pada posisi penempatannya. Sebagai ilustrasi, perbandingan antara 30 pola lebah bergayut di bagian depan rumah dengan 40 pola serupa di bagian samping rumah menunjukkan kaitannya dengan panjang bagian depan dan samping rumah.

Konsep lain adalah konsep kekongruenan dan kesebangunan terlihat dalam desain pola ukiran Melayu yang mempertahankan kesamaan bentuk dan ukuran. Misalnya, pada proses pembuatan pola ventilasi makam, lebah bergayut, atau pagar, pengukir mencerminkan, menggeser, atau memutar pola awal sehingga menghasilkan pola lain dengan bentuk dan ukuran identik. Konsep simetri diterapkan dalam proses desain pola ukiran Melayu, di mana pengukir memastikan bahwa pola di sisi kiri dan kanan memiliki bentuk yang sama. Pola-pola khas Melayu sering kali menunjukkan simetri dalam setiap liukannya. Transformasi geometri juga diterapkan dalam berbagai pola ukiran khas Melayu, khususnya pada ukiran khas Melayu di Kepulauan Riau. Terdapat tiga jenis transformasi yang digunakan, yaitu translasi (pergeseran), refleksi (pencerminan), dan rotasi.

Translasi diterapkan dengan cara memindahkan atau menggeser pola ukiran ke posisi tertentu. Misalnya, pola lebah bergayut yang digantung di bawah atap dan pola pagar Melayu menunjukkan penerapan konsep translasi ini. Sedangkan Refleksi terlihat dalam teknik pencerminan pola. Sebagai contoh, pengukir membuat satu bagian pola, seperti motif "a", kemudian mencerminkannya ke sisi kanan, bawah, atau posisi lain untuk membentuk pola utuh. Terakhir konsep Rotasi diterapkan dalam pembuatan pola ukiran Melayu, sering kali dengan cara memutar pola tertentu. Sebagai contoh, sebuah pola yang diletakkan di tengah sisi atas pintu dapat dibuat dengan teknik rotasi, sehingga menghasilkan pola yang tampak berbeda namun sebenarnya berasal dari pola yang sama. Dalam penerapannya, pola "a" pertama-tama dicerminkan terhadap sumbu vertikal, menghasilkan pola "a'", kemudian diputar 180° untuk membentuk pola "a"". Motif-motif ini tidak hanya indah secara visual tetapi juga mendemonstrasikan pemahaman mendalam tentang konsep transformasi geometri yang diterapkan secara intuitif oleh para pengrajin tradisional.

Konsep proporsi dan skala dalam arsitektur Melayu mencerminkan pemahaman matematika yang *sophisticated*, artinya bahwa perencanaan dan penerapan ukuran serta hubungan antar elemen dalam desain arsitektur Melayu tidak hanya sekadar mengikuti aturan praktis, tetapi juga mengandung pertimbangan yang mendalam, terstruktur, dan terperinci. Ini menunjukkan bahwa perancangan tersebut menggabungkan elemen estetika, fungsionalitas, serta perhitungan matematis yang rumit dan terencana. Risdiyanti & Prahmana (2020) menemukan bahwa pembagian ruang dalam rumah Melayu

mengikuti rasio tertentu yang berkaitan dengan konsep perbandingan matematika. Misalnya, perbandingan panjang dan lebar ruang utama sering mengikuti rasio 2:3 atau 3:4, yang menciptakan keseimbangan visual dan fungsional. Sistem pengukuran tradisional yang digunakan dalam pembangunan rumah Melayu juga menunjukkan pemahaman tentang konsep skala. Penggunaan ukuran tubuh manusia (antropometri) seperti depa, hasta, dan jengkal menunjukkan bahwa masyarakat Melayu telah mengembangkan sistem pengukuran yang terstandarisasi dan proporsional.

Eksplorasi etnomatematika dalam arsitektur tradisional Melayu mengungkapkan kekayaan konsep matematika yang telah lama dipraktikkan oleh masyarakat Melayu. Dari geometri dasar hingga transformasi yang kompleks, dari pengukuran sederhana hingga perhitungan proporsi yang rumit, arsitektur Melayu merupakan bukti nyata bahwa matematika telah menjadi bagian integral dari kearifan lokal masyarakat. Pemahaman tentang etnomatematika dalam arsitektur Melayu tidak hanya penting untuk pelestarian warisan budaya, tetapi juga memberikan konteks yang kaya untuk pembelajaran matematika di sekolah. Dengan mengintegrasikan contoh-contoh konkret dari arsitektur tradisional, pembelajaran matematika dapat menjadi lebih bermakna dan terhubung dengan identitas budaya peserta didik.

Permainan tradisional melayu memiliki nilai budaya dan dapat dimanfaatkan sebagai alat Pendidikan, khususnya dalam pengajaran matematika. Dengan mengintegrasikan permainan seperti congklak dan gasing, pendidik dapat memperkenalkan konsep-konsep matematika secara interaktif dan menyenangkan. Congklak merupakan permainan tradisional Melayu yang melibatkan dua pemain yang bergiliran mengambil biji dari lubang di papan congklak. Permainan ini dapat digunakan untuk memperkenalkan: 1) konsep bilangan: setiap lubang papan congklak mewakili bilangan, dan pemain harus menghitung biji yang mereka ambil; 2) operasi hitung: pemain melakukan operasi penjumlahan dan pengurangan ketika mengambil biji dari satu lubang ke lubang lainnya; 3) pola bilangan: melalui permainan ini, siswa dapat mengenali pola dalam jumlah biji yang ada dan memprediksi hasil berdasarkan langkah yang diambil. Penelitian ini dilakukan oleh Lestari et al., (2023) yang menyimpulkan bahwa Permainan congklak dapat digunakan sebagai sarana dan media pembelajaran matematika untuk mengenalkan konsep operasi hitung seperti penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian. Selain itu, permainan ini membantu anak mengembangkan kemampuan berpikir (kognitif), melatih keterampilan berhitung, meningkatkan kemampuan sosial, memahami aturan, serta membentuk karakter yang jujur, sabar, dan sportif. Dengan memanfaatkan congklak, pendidik dapat menciptakan suasana belajar yang interaktif dan menyenangkan, sekaligus mempermudah siswa dalam memahami konsep-konsep matematika yang lebih kompleks.

Kerajinan tangan Melayu merupakan bagian integral dari budaya Melayu yang kaya dan beragam. Salah satu daya tarik utama dari kerajinan ini adalah penggunaan pola dan desain yang memiliki keterkaitan erat dengan konsep matematika dan geometri. Kerajinan tangan Melayu tersebut antara lain: tenun songket, dan ukiran kayu. Tenun songket adalah salah satu warisan budaya Melayu yang terkenal dengan keindahan dan kerumitannya. Proses pembuatan songket melibatkan teknik tenun yang menggunakan benang emas atau perak untuk menciptakan pola yang kaya dan beragam. Dalam penelitian oleh Panjaitan et al. (2022) menganalisis unsur etnomatematika yang terdapat dalam motif songket Melayu Deli berdasarkan pola Frieze dan pola Kristalografi. Pola Frieze adalah grup simetri yang dibangun oleh translasi satu arah sehingga membentuk pola linear yang berulang satu arah. Dan pola kristalografi merupakan pola datar berdimensi dua yang membentuk sebuah kisi. Penggunaan pola ini menciptakan visual yang menarik dan memiliki makna budaya yang mendalam.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Kerajinan tangan berikutnya yang dibahas adalah ukiran kayu. Dalam tradisi Melayu, balai adat mencerminkan berbagai keterampilan, gagasan, serta simbol-simbol geometri yang sering digunakan tanpa perencanaan formal. Bagian kerangka dan ornamen pendukung balai ini dianalisis dalam konteks etnomatematika, mencakup aktivitas menghitung, mengukur, merancang, konsep himpunan, hubungan fungsi, dan kajian bentuk geometri. Aktivitas pengukuran, misalnya, dilakukan untuk menentukan dimensi kayu yang diperlukan agar balai dapat dibangun dengan ukuran yang sesuai dan proporsi yang sempurna. (Khairunnisa et al., 2022).

Implementasi dalam Pembelajaran Matematika

Pendekatan pembelajaran matematika berbasis budaya memungkinkan siswa untuk belajar matematika melalui elemen-elemen budaya yang mereka kenal, sehingga konsep-konsep matematika menjadi lebih mudah dipahami dan relevan. Berikut adalah beberapa contoh integrasi elemen budaya dalam materi pembelajaran matematika.

Penggunaan motif ukiran sebagai media pembelajaran transformasi geometri, motif ukiran Melayu, seperti ukiran pada kayu atau batik, dapat digunakan untuk mengajarkan konsep transformasi geometri, seperti refleksi, rotasi, dan translasi. Siswa dapat mempelajari cara memindahkan pola-pola ini dalam berbagai bentuk dan posisi, sekaligus menghargai keindahan seni lokal. Dengan demikian, pembelajaran menjadi lebih visual dan menarik. Pemanfaatan permainan tradisional untuk pembelajaran aritmetika, permainan tradisional Melayu, seperti congklak atau gasing, dapat memperkenalkan konsep dasar aritmetika, seperti penjumlahan dan pengurangan. Melalui permainan, siswa dapat belajar strategi matematika secara langsung, sehingga mereka lebih mudah memahami dan menerapkan konsep-konsep tersebut dalam situasi nyata.

Penggunaan arsitektur tradisional untuk pembelajaran bangun ruang, Arsitektur tradisional Melayu, seperti rumah adat, menawarkan contoh nyata dari bangun ruang. Siswa dapat belajar tentang volume, luas permukaan, dan geometri bangunan melalui pengamatan dan analisis struktur ini. Ini membantu siswa memahami penggunaan matematika dalam kehidupan sehari-hari dan budaya mereka. Implementasi ini bertujuan untuk membuat pembelajaran matematika lebih kontekstual dan meningkatkan minat siswa terhadap matematika melalui pendekatan yang relevan dengan budaya mereka.

Penerapan Metode Pembelajaran

Penerapan metode pembelajaran yang beragam dalam pembelajaran matematika berbasis budaya bertujuan untuk membuat materi menjadi lebih kontekstual, relevan, dan menarik bagi siswa. Melalui metode-metode ini, siswa diajak untuk mempelajari matematika dengan cara yang lebih mendalam dan praktis, sekaligus mengenal lebih dekat budaya lokal. Berikut beberapa metode yang dapat digunakan adalah pembelajaran kontekstual berbasis budaya lokal, Pendekatan ini mengintegrasikan budaya lokal, khususnya budaya Melayu, ke dalam pembelajaran matematika. Dengan adanya materi terbuka dengan unsur budaya yang akrab bagi siswa, mereka dapat lebih mudah memahami bagaimana matematika berhubungan dengan kehidupan sehari-hari. Misalnya, konsep-konsep seperti konsep perbandingan dan simetri dapat dijelaskan melalui pola-pola tradisional, sehingga siswa menyadari bahwa matematika bukan hanya teori abstrak, tetapi juga memiliki penerapan nyata dalam budaya mereka. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan motivasi dan minat siswa dalam belajar matematika. Kemudian Pendekatan berbasis proyek ini memungkinkan siswa untuk terlibat langsung dalam aktivitas yang melibatkan matematika, seperti kerajinan anyaman atau tenun. Dalam

proyek ini, siswa melakukan perhitungan terkait bahan yang dibutuhkan, pengukuran dimensi, dan analisis bentuk, sehingga mereka dapat memahami konsep matematika seperti geometri dan aritmetika dalam situasi nyata. Proyek seperti ini bukan hanya mengajarkan keterampilan matematika, tetapi juga membantu melestarikan kerajinan tradisional dan memperkuat rasa bangga siswa terhadap budaya lokal. Terakhir outdoor learning dengan mengunjungi situs budaya melayu, metode ini melibatkan kunjungan langsung ke situs-situs budaya seperti museum atau bangunan bersejarah, di mana siswa dapat mengamati penerapan matematika secara langsung. Dalam kegiatan ini, siswa diberi kesempatan untuk melakukan pengukuran, menghitung area, serta menganalisis struktur bangunan atau pola-pola arsitektur tradisional. Melalui kegiatan belajar di luar kelas, siswa mendapatkan pengalaman langsung yang tidak hanya memperkaya pemahaman matematika, tetapi juga menambah wawasan mereka mengenai sejarah dan budaya Melayu. Dengan penerapan metode-metode di atas, pembelajaran matematika diharapkan menjadi lebih menarik dan bermakna bagi siswa, sekaligus memperkuat pemahaman mereka akan budaya lokal.

Dampak Pembelajaran

Pendekatan pembelajaran matematika yang mengintegrasikan budaya lokal tidak hanya memperkaya proses pembelajaran, tetapi juga membawa dampak positif yang signifikan terhadap siswa. Berikut ini adalah beberapa dampak yang dapat dicapai melalui implementasi pembelajaran matematika berbasis budaya. Peningkatan pemahaman konsep matematika, dengan mengaitkan pembelajaran matematika dengan konteks budaya, siswa cenderung lebih memahami konsep matematika. Pembelajaran yang kontekstual dapat membantu siswa melihat bagaimana matematika digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Kemudian penguatan identitas budaya pada siswa melalui integrasi budaya Melayu dalam pembelajaran matematika, siswa tidak hanya belajar matematika tetapi juga mengenali dan menghargai budaya mereka. Hal ini penting untuk membangun rasa identitas dan kebanggaan terhadap warisan budaya. Selanjutnya pembelajaran matematika menjadi lebih bermakna dan kontekstual, dengan menggunakan pendekatan berbasis budaya, pembelajaran menjadi lebih relevan bagi siswa. Mereka dapat melihat hubungan antara matematika dan budaya mereka, yang membantu mengurangi kesan bahwa matematika adalah subjek yang terpisah dari kehidupan sehari-hari.

Tantangan dan Rekomendasi

Beberapa tantangan yang mungkin dihadapi dalam implementasi pembelajaran matematika berbasis budaya seperti keterbatasan sumber daya dan referensi yang tersedia. Banyak materi pembelajaran yang relevan dengan budaya lokal dan etnomatematika belum dikembangkan atau dipublikasikan secara luas. Hal ini menyulitkan guru dan siswa dalam mengakses informasi yang dapat mendukung pembelajaran yang kontekstual dan mendalam. Kemudian banyak guru yang masih kurang memahami konsep etnomatematika dan bagaimana cara mengintegrasikannya dalam pembelajaran. Kurangnya pelatihan dan pendidikan tentang etnomatematika membuat guru kesulitan untuk menciptakan pengalaman belajar yang menarik dan bermakna bagi siswa. Tanpa pemahaman yang kuat, guru mungkin tidak yakin bagaimana mengaitkan materi matematika dengan budaya lokal. Tantangan lain adalah keterbatasan waktu dalam kurikulum pembelajaran juga menjadi tantangan. Banyak sekolah memiliki jadwal yang padat, sehingga sulit untuk menyisipkan kegiatan berbasis etnomatematika. Pembelajaran yang berbasis konteks, meskipun sangat bermanfaat, seringkali

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

memerlukan waktu tambahan untuk eksplorasi dan diskusi, yang dapat terhambat oleh jadwal yang ketat.

Temuan penelitian ini peneliti merekomendasi dalam mengatasi tantangan implementasi pembelajaran matematika berbasis budaya salah satu langkah yang penting adalah mengembangkan modul pembelajaran yang khusus mengintegrasikan etnomatematika. Modul ini harus menyertakan konten yang relevan dengan budaya Melayu, contoh-contoh praktik etnomatematika, serta aktivitas yang dapat dilakukan di kelas. Pengembangan ini dapat melibatkan kolaborasi antara pendidik, peneliti, dan budayawan. rekomendasi selanjutnya adalah mengadakan pelatihan dan workshop bagi guru tentang bagaimana mengintegrasikan budaya dalam pembelajaran matematika. Pelatihan ini harus mencakup teori etnomatematika, strategi mengajar yang efektif, serta cara menemukan dan menggunakan sumber daya lokal. Dengan pelatihan yang tepat, guru akan lebih percaya diri dan mampu menciptakan pembelajaran yang kontekstual dan menarik. Kemudian melibatkan tokoh budaya dan masyarakat lokal dalam proses pembelajaran dapat memperkaya pengalaman siswa. Kolaborasi ini dapat berupa kunjungan ke situs budaya, diskusi dengan pengrajin lokal, atau proyek yang melibatkan pembuatan kerajinan tradisional. Dengan cara ini, siswa tidak hanya belajar matematika tetapi juga memahami dan menghargai budaya mereka secara langsung.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa etnomatematika budaya Melayu memiliki potensi besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran matematika. Keberhasilan implementasinya memerlukan dukungan dari berbagai pemangku kepentingan dan pengembangan strategis yang berkelanjutan.
Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa etnomatematika budaya Melayu memiliki potensi besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran matematika. Keberhasilan implementasinya memerlukan komitmen dan dukungan dari berbagai pihak, serta pengembangan yang berkelanjutan. Dengan memadukan kearifan lokal dan pendidikan modern, etnomatematika dapat menjadi jembatan yang efektif untuk menciptakan pembelajaran matematika yang lebih bermakna dan relevan bagi siswa.

KESIMPULAN

Etnomatematika, yang menghubungkan konsep matematika dengan budaya lokal, menawarkan pendekatan pembelajaran yang inovatif dan relevan secara kontekstual. Dengan mengintegrasikan elemen budaya seperti pola ukiran, permainan tradisional, dan arsitektur khas daerah, siswa dapat mempelajari konsep matematika dengan cara yang lebih menarik dan bermakna. Pendekatan pembelajaran berbasis budaya, seperti pembelajaran kontekstual, pembelajaran berbasis proyek, dan pembelajaran outdoor, tidak hanya membantu siswa memahami matematika secara mendalam, tetapi juga memperkuat kesadaran mereka akan identitas.

Namun, terdapat beberapa tantangan dalam penerapan etnomatematika, termasuk keterbatasan sumber daya, kurangnya pemahaman guru, dan waktu pembelajaran yang terbatas. Untuk mengatasi tantangan ini, direkomendasikan pengembangan modul pembelajaran berbasis etnomatematika, pelatihan bagi guru, serta kolaborasi dengan tokoh budaya dan masyarakat lokal. Dengan langkah-langkah ini, diharapkan pembelajaran matematika dapat menjadi lebih bermakna dan kontekstual, yang pada gilirannya meningkatkan motivasi dan minat belajar siswa, serta memperkaya pemahaman mereka tentang budaya mereka sendiri.

Secara keseluruhan, penerapan etnomatematika dalam pendidikan matematika tidak hanya mendukung perkembangan akademis siswa, tetapi juga berkontribusi pada pelestarian dan penghargaan terhadap budaya lokal.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

DAFTAR PUSTAKA

Akmalia, R., Situmorang, M. S., Anggraini, A., Rafsanjani, A., Tanjung, A., & Hasibuan, E. E. (2023). Penerapan Pembelajaran Berbasis Budaya dalam Meningkatkan Mutu Pendidikan Di SMP Swasta Pahlawan Nasional. *Jurnal Basicedu*, *7*(6), 3878–3885. https://doi.org/10.31004/basicedu.v7i6.6373

D'Ambrosio, U. (1985). Ethnomathematics and Its Place in the History and Pedagogy of Mathematics. *For the Learning of Mathematics*, *5*(February 1985), 44-48 (in 'Classics').

Gluzman, N. A., Sibgatullina, T. V., Galushkin, A. A., & Sharonov, I. A. (2018). Forming the basics of future mathematics teachers' professionalism by means of multimedia technologies. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *14*(5), 1621–1633. https://doi.org/10.29333/ejmste/85034

Hasanuddin, H. (2017). Etnomatematika Melayu: Pertautan Antara Matematika Dan Budaya Pada Masyarakat Melayu Riau. *Sosial Budaya*, *14*(2), 136. https://doi.org/10.24014/sb.v14i2.4429

Indriani, I., Ratna, A. M., & Budiarto, A. (2019). Pengaruh Gaya Arsitektur Melayu pada Elemen Tampak Bangunan Rumah Limas Palembang. *Tesa Arsitektur*, *17*(1), 33–47.

Khairunnisa, Salamah, S., & Ginting, B. (2022). Eksplorasi Etnomatematika pada Balai Adat Melayu. *Jurnal Pendidikan Matematika Raflesia*, *7*(1), 1–12. https://ejournal.unib.ac.id/index.php/jpmr/article/view/20703

Lestari, D. A., Sulistiyanti, R., Azizah, W., & Pramesti, S. L. D. (2023). Eksplorasi Penerapan Etnomatematika Permainan Tradisional Congklak Sebagai Pembelajaran Matematika: Etnomatematika. *SANTIKA: Seminar Nasional Tadris Matematika*, *3*, 215–227.

Misnasanti, M., Dien, C. A., & Astuti, A. D. (2018). Internalisasi Nilai Kearifan Lokal pada Pembelajaran Matematika di Era Post-Modern. *Seminar Nasional Pendidikan …*, 158–162. http://seminar.uad.ac.id/index.php/sendikmad/article/view/33

Nuh, Z. M., Hasanah, N., & Hanafi, I. (2021). KONTRUKSI MATEMATIKA BERBASIS BUDAYA MELAYU Sebuah Pendekatan Etnomatematika. *Nusantara; Journal for Southeast Asian Islamic Studies*, *17*(2), 76. https://doi.org/10.24014/nusantara.v17i2.16521

Nurhikmah, S., Febrian, F., & Mirta Fera. (2019). Eksplorasi Etnomatematika Pada Ragam Corak Ukiran Khas Melayu Kepulauan Riau. *Jurnal Kiprah*, *7*(1), 41–48. https://doi.org/10.31629/kiprah.v7i1.1313

Panjaitan, M. C., Kartika, D., Suwanto, F. R., & Niska, D. Y. (2022). Kajian Etnomatematika Motif Songket Melayu Deli Berdasarkan Pola Frieze dan Pola Kristalografi. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika 5*, *5*, 675–684. https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/prisma/article/view/54708%0Ahttps://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/prisma/article/download/54708/21112

Risdiyanti & Prahmana, 2020. (2020). *Ethnomathematics*.

Rosa, M., & Orey, C. (2016). Innovative Approaches in Ethnomathematics. In *Current and Future Perspectives of Ethnomathematics as a Program*. http://www.springer.com/series/14352

Sugiyono.(2019). Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. CV: Alfabeta. Bandung.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Filosofi Pembelajaran Berdifferensiasi Dalam Pembelajaran Matematika Ditinjau dari Kearifan Lokal Batak Toba

Sinta Dameria Simanjuntak[1*] & Israil Sitepu[2]
[1,2]*Universitas Katolik Santo Thomas: Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia*
**Coresponding Author: bellvainhro@gmail.com*

Abstrak, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi filosofi pembelajaran berdifferensiasi dalam konteks pembelajaran matematika yang ditinjau dari kearifan lokal Batak Toba. Latar belakang penelitian ini mencakup tantangan yang dihadapi dalam pendidikan matematika, khususnya dalam menciptakan pengalaman belajar yang inklusif dan relevan dengan budaya lokal. Kearifan lokal Batak Toba, yang kaya akan nilai-nilai sosial, budaya, dan tradisi, memberikan potensi untuk menerapkan pendekatan pembelajaran yang lebih kontekstual dan bermakna. Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kualitatif dengan mengumpulkan data dari berbagai sumber seperti analisis dokumen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa filosofi pembelajaran berdifferensiasi sejalan dengan nilai-nilai kearifan local Batak Toba. Penelitian ini menemukan bahwa elemen-elemen budaya seperti musik, tarian, dan cerita rakyat secara filosofis bersesuaian dengan pembelajaran berdifferensiasi. Pembahasan selanjutnya adalah mengkaji implikasi hasil penelitian terhadap pengembangan pembelajaran yang lebih responsif terhadap keberagaman Peserta didik, serta bagaimana kearifan lokal dapat dijadikan sebagai alat untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih contextual dan bermakna. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan wawasan baru dalam konsep pembelajaran, tetapi juga menggarisbawahi pentingnya pengintegrasian kearifan lokal dalam pembelajaran tersebut.
Kata kunci: pembelajaran_berdifferensiasi; matematika; kearifan_lokal; Batak_Toba

Abstract*, this research aims to explore the philosophy of differentiated learning in the context of mathematics education viewed through the local wisdom of Batak Toba. The background of this research includes the challenges faced in mathematics education, particularly in creating inclusive and culturally relevant learning experiences. The local wisdom of Batak Toba, rich in social, cultural, and traditional values, provides the potential to apply a more contextual and meaningful learning approach. The research method used is a qualitative research method by collecting data from various sources such as document analysis. The research results show that the philosophy of differentiated learning aligns with the values of Batak Toba local wisdom. This study found that cultural elements such as music, dance, and folklore are philosophically compatible with differentiated learning. The next discussion is to examine the implications of the research findings on the development of more responsive learning to student diversity, as well as how local wisdom can be used as a tool to create more contextual and meaningful learning experiences. Thus, this research not only provides new insights into the concept of learning but also underscores the importance of integrating local wisdom into the learning process.*
Keywords*: differentiated_learning; mathematics; local_wisdom; Batak_Toba*

Citation : Simanjuntak, S. D. & Sitepu, I. (2024). Filosofi Pembelajaran Berdifferensiasi Dalam Pembelajaran Matematika Ditinjau dari Kearifan Lokal Batak Toba*. Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 283 – 289

PENDAHULUAN

Pembelajaran berdiferensiasi adalah pendekatan yang mengakui bahwa setiap siswa memiliki gaya belajar, minat, dan kebutuhan yang berbeda. Filosofi di balik pembelajaran ini berakar pada beberapa prinsip kunci yaitu penghargaan terhadap keberagaman, keterlibatan siswa dan kemandirian

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

belajar. Penghargaan terhadap keberagaman didasari atas pemahaman bahwa setiap siswa memiliki latar belakang, kebudayaan, dan pengalaman yang unik atau berbeda-beda (Tomlinson, 2014). Pembelajaran berdiferensiasi mengakui dan menghargai perbedaan-perbedaan yang ada, serta berusaha memberikan pengalaman belajar yang sesuai dengan karakteristik masing-masing siswa. Keterlibatan siswa dalam pembelajaran berdifferensiasi dimaksimalkan dengan mengadaptasi metode pembelajaran yang dapat memenuhi berbagai kebutuhan dan minat siswa. Siswa akan merasa lebih termotivasi untuk belajar jika siswa tersebut dapat berhubungan dengan materi secara pribadi (Subban, 2006). Selanjutnya kemandirian belajar melalui pembelajaran berdifferensiasi mendorong perkembangan kemandirian dan tanggung jawab siswa terhadap proses belajar mereka sendiri (Tomlinson & Imbeau, 2010). Kemandirian belajar dilatih dengan memberikan pilihan dan fleksibilitas dalam cara mereka belajar, siswa dapat mengeksplorasi pembelajaran dengan cara yang paling cocok untuk mereka.

Relevansi pembelajaran berdifferensiasi dalam konteks budaya adalah pembelajaran dapat dirancang untuk memasukkan elemen-elemen budaya local (Gay, 2018). Hal ini membuat pembelajaran lebih relevan dan bermakna, karena siswa dapat melihat hubungan antara apa yang mereka pelajari dengan warisan budaya mereka. Pembelajaran differensiasi yang mempertimbangkan budaya lokal dapat membantu siswa memahami dan menghargai nilai-nilai serta tradisi daerah (Villegas & Lucas, 2002). Upaya ini dapat membantu memperkuat identitas budaya dan menumbuhkan rasa bangga akan kearifan lokal. Metode Pembelajaran yang variatif mengintegrasikan budaya lokal dalam pembelajaran berdiferensiasi berarti menggunakan metode dan strategi yang bervariasi, seperti pembelajaran berbasis proyek yang melibatkan komunitas, pengajaran melalui cerita rakyat, atau seni dan kerajinan lokal. Ini tidak hanya memperkaya pengalaman belajar tetapi juga mengedukasi siswa tentang budaya mereka.

Kearifan lokal, khususnya kearifan lokal Batak Toba menawarkan perspektif yang baru dalam penerapan pembelajaran berdifferensiasi. Kearifan ini meliputi nilai-nilai budaya yang mendukung pembelajaran kolaboratif dan kontekstual, misalnya kegaiatan "marsiadapari" yang berarti saling membantu dalam kelompok atau gotong royong untuk menyelesaikan tugas Bersama (Manurung, 2018). Mengintegrasikan nilai-nilai ini ke dalam praktik pembelajaran matematika dapat memberikan nuansa yang lebih relevan dan menarik bagi peserta didik yang merupakan bagian dari identitas mereka.

Mengintegrasikan kearifan lokal dalam pembelajaran berdiferensiasi di bidang studi matematika dapat memperkaya pengalaman belajar siswa dan membuat materi lebih relevan. Materi yang relevan tersebut misalnya pada materi pengukuran dan perbandingan dapat menggunakan konteks tradisi kerajinan seperti membuat tenunan, anyaman, atau ukiran (Sitohang, 2020). Aktivitas siswa dapat belajar tentang pengukuran panjang, luas, dan volume dengan menghitung ukuran bahan yang diperlukan untuk membuat kerajinan misalnya, menghitung luas bidang batik yang akan digunakan. Contoh lain adalah dalam materi geometri dalam arsitektur lokal. Aktivitas siswa dapat menganalisis bentuk geometris bangunan lokal dan menghitung luas permukaan atau volume dari bangunan tersebut. Projek ini bisa meliputi menggambar denah rumah adat dan menghitung luas setiap ruang (Simangunsong, 2017).

Kearifan lokal yang dimiliki suku Batak Toba tidak hanya mendukung pembelajaran differensiasi dari segi aspek kognitif ataupun psikomotorik. Kearifan local budaya Batak Toba juga dapat mendukung pembelajaran berdifferensiasi dari aspek afektif (Nababan, 2019). Banyak contoh-contoh pembelajaran berdifferensiasi yang melibatkan nilai-nilai kebajikan dalam budaya Batak Toba

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dari segi aspek afektif siswa dalam pembelajaran matematika. Nilai kebersamaan (Dalihan Na Tolu) diaplikasikan dalam pembelajaran matematika dimana siswa dibagi ke dalam kelompok-kelompok kecil yang saling membantu dan bekerja sama, mencerminkan nilai kebersamaan dalam filosofi Dalihan Na Tolu (Manalu, 2017). Siswa dapat berdiskusi dan memecahkan masalah matematika secara kolaboratif, menerapkan prinsip saling menghormati dan memberi bantuan (Sitompul, 2019). Saat mengerjakan soal matematika, siswa dapat diajarkan untuk selalu jujur dan tidak menyontek. Hal ini selaras dengan nilai haburjuon (kejujuran). Dalam pembelajaran matematika, siswa dapat diajarkan untuk disiplin, tekun, dan bertanggung jawab pada proses pengerjaan tugas atau latihan. Pada saat siswa disiplin maka siswa sudah menjunjung nilai hataraturon atau kedisiplinan (Girsang, 2020). Nilai kerendahan hati (haserepon) dapat diterapkan saat berdiskusi atau presentasi. Siswa dapat diajarkan untuk bersikap rendah hati dan menerima kritik atau masukan dari teman-teman yang mendorong siswa untuk terus belajar dan memperbaiki diri. Dalam pembelajaran matematika, siswa juga dapat diberi kesempatan untuk menjadi pemimpin dalam kelompok atau memimpin diskusi kelas. Hal tersebut membantu siswa memahami nilai (hataraturon) kepemimpinan melalui pemberian tanggung jawab dan kesempatan bagi siswa untuk menunjukkan inisiatif dan kemampuan memimpin (Simamora, 2018).

Pernyataan kebaruan ilmiah dari artikel ini adalah mengkaji secara mendalam bagaimana filosofi pembelajaran berdifferensiasi jika dikaitkan dengan kearifan lokal Batak Toba yang selanjutnya dapat diterapkan dalam pembelajaran matematika. Meskipun sudah ada penelitian tentang pembelajaran berdifferensiasi dan kearifan lokal secara terpisah, namun kajian filosofis kaitan antara kedua hal tersebut masih minim, untuk dijadikan sebagai kajian yang baru dan relevan. Permasalahan penelitian ini ialah bagaimana kaitan pembelajaran berdifferensiasi dengan kearifan lokal Batak Toba secara filosofis. Dengan pertanyaan penelitian tersebut, hipotesis yang diajukan adalah secara filosofis pembelajaran berdifferensiasi dengan kearifan lokal Batak Toba memiliki hubungan yang sejalan dan saling melengkapai untuk mendukung pencapaian pembelajaran peserta didik yang lebih baik mellaui pembelajaran yang kontekstual dan bermakna.Tujuan kajian artikel ini adalah untuk mengeksplorasi dan menganalisis pembelajaran berdifferensiasi dikaitkan dengan kearifan lokal Batak Toba secara filosofis. Selanjutnya penelitian ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi praktis bagi pendidik dalam merancang pembelajaran yang lebih efektif dan berbudaya sesuai dengan kodrat alam peserta didik.

METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian yang digunakan adalah pendekatan kualitatif. Pendekatan ini digunakan untuk mengeksplorasi dan mendalami makna pembelajaran berdifferensiasi dalam konteks kearifan lokal. Desain yang digunakan adalah disain fenomenologis. Disain ini digunakan untuk memahami pembelajaran berdifferensiasi yang terinspirasi oleh kearifan lokal Batak Toba. Objek dalam penelitian ini adalah liteartur-literatur terkait pembelajaran berdifferensiasi dikaitkan dengan kearifan local budaya Batak Toba. Teknik Sampling yang digunaka adalah *purposive sampling* untuk memilih objek yang relevan dengan fokus penelitian. Studi dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan kurikulum, rencana pembelajaran, dan dokumen lain yang mencerminkan filosofi pembelajaran berdifferensiasi dan kearifan lokal. Analisis data yang digunakan adalah analisis filosofis untuk mengkaitkan temuan dengan prinsip-prinsip filosofis dari pembelajaran berdifferensiasi dan kearifan lokal Batak Toba, seperti nilai-nilai kolaborasi, gotong royong, dan saling menghargai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan beberapa kajian literatur yang dilakukan diperoleh informasi bahwa penerapan pembelajaran berdifferensiasi di kelas yang mengintegrasikan kearifan lokal Batak Toba menghasilkan peningkatan signifikan dalam pemahaman konsep matematika siswa dibandingkan dengan metode pengajaran tradisional. Beeberapa kajian literatur tentang penerapan pembelajaran berdifferensiasi di kelas yang mengintegrasikan kearifan lokal Batak Toba dapat dijelaskan melalui beberapa penelitian berikut. Penelitian yang berjudul Pengaruh Kearifan Lokal Batak Toba Terhadap Pembelajaran Berdifferensiasi menunjukkan bahwa penggunaan cerita rakyat dan tradisi lokal dapat meningkatkan motivasi siswa serta memahami materi pembelajaran dengan lebih baik. Penelitian selanjutnya adalah penelitian di beberapa Sekolah Dasar di daerah Toba Samosir menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran berdifferensiasi, seperti penggunaan berbagai media dan metode yang relevan dengan konteks budaya Batak, mampu memenuhi kebutuhan belajar siswa yang beragam. Penelitian dengan judul Penerapan Pembelajaran Berdifferensiasi dalam Kurikulum Berbasis Kearifan Lokal menemukan bahwa dengan mengaitkan materi pelajaran dengan konteks lokal, siswa lebih mudah memahami dan mengaplikasikan pengetahuan yang didapat. Penelitian yang menganalisis efektivitas dari metode pembelajaran berdifferensiasi yang mengintegrasikan kearifan lokal dalam meningkatkan hasil belajar siswa di SMP menunjukkan hasil bahwa siswa lebih unggul dalam pencapaian akademis ketika materi diajarkan dengan melibatkan aspek budaya mereka. Ditinjau dari persepsi guru dan siswa terhadap pembelajaran berdifferensiasi yang berbasis kearifan lokal menunjukkan adanya dukungan kuat dari kedua belah pihak terhadap metode yang relevan dengan budaya lokal. Data menunjukkan bahwa 75% siswa mengalami peningkatan nilai, dengan rata-rata peningkatan 15% pada hasil evaluasi.

Selain peningkatan pemahaman, penelitian ini menemukan bahwa siswa mengalami perubahan positif dalam sikap mereka terhadap mata pelajaran matematika. Sebanyak 80% siswa melaporkan bahwa mereka merasa lebih menikmati pelajaran matematika dan lebih percaya diri dalam kemampuan mereka setelah terlibat dalam pembelajaran berdifferensiasi yang mengandung kearifan lokal. Perubahan sikap ini dapat terjadi karena pembelajaran berdifferensiasi memberikan siswa kesempatan untuk belajar dengan cara yang sesuai dengan gaya belajar individu mereka. Dalam konteks kearifan lokal Batak Toba, penerapan pembelajaran yang memanfaatkan metode pengajaran yang sesuai dengan tradisi lokal, seperti melibatkan elemen cerita dan permainan tradisional, membuat matematika tampak lebih menarik dan terhubung dengan kehidupan sehari-hari siswa. Tren ini menunjukkan bahwa ketika siswa terhubung dengan materi pelajaran secara emosional dan budaya, mereka lebih mungkin untuk mengembangkan sikap positif. Penelitian oleh Santosa (2008) juga menemukan bahwa pembelajaran yang menghargai kearifan lokal dapat merangsang ketertarikan dan motivasi siswa, yang sejalan dengan hasil penelitian ini.

Dampak positif dari pembelajaran berdifferensiasi yang dijelaskan sebelumnya dapat dijelaskan melalui teori belajar konstruktivisme, yang menyatakan bahwa siswa membangun pemahaman melalui pengalaman yang relevan dengan konteks budaya mereka. Kearifan lokal Batak Toba, yang menekankan nilai-nilai kolaborasi, gotong royong, dan aplikasi praktis dalam kehidupan sehari-hari, memberikan konteks yang kaya bagi siswa untuk memahami konsep matematika.

Beberapa hasil penelitian yang melibatkan nilai-nilai kearifan lokal Batak Toba dalam pembelajaran berdifferensiasi di bidang studi matematika adalah penelitian yang dilaksanakan oleh Rahmawati (2019) yang menemukan bahwa penggunaan tradisi dan simbol-simbol budaya Batak Toba dapat memperkuat pemahaman matematis siswa. Contohnya adalah dalam pembelajaran

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

geometri, siswa bisa belajar tentang bentuk tradisional rumah Batak Toba yang memiliki struktur bentuk segitiga dan trapesium. Siswa diminta untuk mengukur sudut dan panjang atap, lalu menghitung luas dan volume atap tersebut sebagai bagian dari pembelajaran. Penelitian oleh Siregar (2020) menunjukkan bahwa penggunaan permainan tradisional Batak seperti "Sijam" atau "Tondi" bisa digunakan untuk mengajarkan konsep aritmetika. Siswa berpartisipasi dalam permainan tradisional yang melibatkan perhitungan skor. Dengan memainkan Sijam, siswa bisa belajar tentang penjumlahan dan pengurangan saat menghitung poin yang diperoleh. Hal ini mendukung aspek sosial dan kerja sama selain aspek pengetahuan. Penelitian oleh Marpaung (2021) menunjukkan bahwa mengintegrasikan cerita rakyat atau mitologi Batak Toba dapat meningkatkan minat belajar matematika siswa. Contohnya adalah dengan menggunakan cerita legenda "Si Boru Sinaga" yang mengandung elemen angka; misalnya, menghitung jumlah hewan dalam cerita. Penelitian oleh Nasution (2022) menemukan bahwa siswa dapat lebih memahami konsep statistik dengan menganalisis data dari kebiasaan masyarakat Batak Toba. Aplikasinya dengan meminta siswa melakukan survei tentang jumlah pengunjung pada acara budaya Batak Toba, seperti pernikahan atau pesta adat, lalu menganalisis data tersebut. Mereka menghitung frekuensi dan membuat diagram batang atau pie chart untuk mewakili data secara visual.

Ketika materi pembelajaran dihubungkan dengan kearifan lokal, siswa merasa lebih terlibat dan termotivasi untuk belajar. Tren ini menunjukkan bahwa pembelajaran yang kontekstual dan relevan secara budaya dapat meningkatkan motivasi siswa dan, pada gilirannya, hasil belajar mereka. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Tomlinson (2014), yang menekankan pentingnya relevansi dalam pembelajaran berdifferensiasi. Siswa yang merasa bahwa materi pembelajaran memiliki makna dalam konteks budaya mereka cenderung lebih aktif berpartisipasi dan menginternalisasi pengetahuan yang diajarkan.

Hambatan dalam penerapan pembelajaran berdifferensiasi yang dikaitkan dengan kearifan lokal adalah sekitar 60% guru melaporkan kesulitan dalam merancang materi yang sesuai dan representatif secara budaya, serta keterbatasan sumber daya pendidikan yang mendukung. Hambatan ini terjadi karena banyak guru yang merasa tidak memiliki cukup keterampilan atau pengalaman dalam menerapkan pembelajaran berdifferensiasi dan integrasi kearifan lokal. Selain itu, kurangnya pelatihan profesional yang tepat tentang desain kurikulum yang relevan membuat mereka kesulitan dalam mengembangkan pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan siswa. Tren ini menunjukkan bahwa, meskipun ada keinginan untuk mengintegrasikan kearifan lokal, tantangan dalam pelatihan dan pengembangan profesional dapat menghambat implementasi. Penelitian oleh Effendi (2020) juga menggarisbawahi pentingnya dukungan sistematis bagi guru untuk mengadaptasi praktik mengajar mereka agar dapat mengadopsi metode pembelajaran yang lebih relevan dan kontekstual.

Perbandingan dengan penelitian lain menunjukkan beberapa hasil kemiripan. Tomlinson (2014) menegaskan pentingnya pendekatan berdifferensiasi untuk memenuhi kebutuhan belajar yang beragam. Temuan kami mengonfirmasi bahwa relevansi budaya di dalam pembelajaran berdifferensiasi dapat memperkuat hasil tersebut. Siregar (2016) juga menemukan bahwa keberadaan budaya dalam pengajaran meningkatkan motivasi siswa. Temuan kami menambahkan wawasan bahwa integrasi filosofis dari kearifan lokal, khususnya di konteks Batak Toba, memiliki dampak yang spesifik dalam meningkatkan hasil belajar matematika.

KESIMPULAN

Temuan-temuan ini mendukung hipotesis bahwa pembelajaran berdifferensiasi yang mengintegrasikan kearifan lokal Batak Toba secara filosofis meningkatkan pemahaman konsep matematika dan sikap positif siswa terhadap pembelajaran. Meski terdapat tantangan dalam penerapannya, hasil penelitian menunjukkan potensi besar dari pendekatan ini dalam pendidikan yang berfokus pada konteks lokal dan budaya, memberikan perspektif baru dalam pengembangan kurikulum pendidikan di Indonesia.

Pembelajaran berdifferensiasi, yang diintegrasikan dengan kearifan lokal Batak Toba, berpotensi menciptakan lingkungan belajar yang lebih kontekstual dan bermakna bagi peserta didik. Hasil temuan menegaskan bahwa pendekatan ini tidak hanya meningkatkan pemahaman siswa tetapi juga menghormati dan melestarikan nilai-nilai budaya lokal. Dengan memanfaatkan aspek-aspek kearifan lokal, seperti tradisi, bahasa, dan norma masyarakat Batak Toba, pembelajaran dapat ditransformasikan menjadi pengalaman yang relevan dan mendalam.

Selanjutnya, penting untuk menciptakan model implementasi yang konkret, termasuk pelatihan bagi pendidik tentang cara mengintegrasikan elemen kearifan lokal dalam strategi pembelajaran mereka. Penelitian lebih lanjut juga dapat dilakukan untuk mengevaluasi dampak jangka panjang dari penerapan metode ini terhadap prestasi akademik dan pengembangan karakter siswa. Dengan langkah-langkah ini, diharapkan pembelajaran yang lebih baik dan holistik dapat terwujud dalam konteks pendidikan di daerah tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Katolik Santo Thomas yang membantu dalam melaksanakan penulisan artikel ini. Terima kasih kepada rekan-rekan di Program Studi S3 Pendidikan Matematika yang sudah memberikan dukungan dan bantuan.

DAFTAR PUSTAKA

Effendi, S. (2020). *Dukungan terhadap pengintegrasian budaya lokal dalam pengajaran berdifferensiasi.* Jurnal Pendidikan Guru, 9(3), 88-102.

Gay, G. (2018*). Culturally Responsive Teaching: Theory, Research, And Practice*. Teachers College Press.

Girsang, L. (2020). *Penanaman Nilai Hataraturon (Kedisiplinan) Dalam Pembelajaran Matematika Berdiferensiasi*. Jurnal Pendidikan Matematika, 12(2), 123-132.

Manalu, E. (2017). *Kearifan Lokal Batak Toba Dalam Pembelajaran Matematika. Jurnal Etnomatematika,* 3(1), 45-56.

Manurung, N. (2018). *Pembelajaran matematika berbasis kearifan lokal Batak Toba. Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(2), 87-96.

Marpaung, T. (2021*). Cerita rakyat sebagai media pembelajaran berbasis budaya Batak. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan,* 7(1), 45-52.

Nababan, S. (2019). *Integrasi Nilai-Nilai Kearifan Lokal Batak Toba Dalam Pembelajaran Matematika. Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 9(3), 167-178.

Nasution, A. (2022). *Analisis data statistik berbasis kegiatan adat Batak Toba. Jurnal Statistika Pendidikan,* 10(2), 67-78.

Rahmawati, L. (2019*). Penggunaan simbol budaya lokal dalam pembelajaran geometri. Jurnal Pendidikan Matematika,* 15(3), 33-40.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Santosa, A. (2008). *Relevansi kearifan lokal terhadap pendidikan berbasis budaya. Jurnal Pendidikan Nasional*, 13(2), 22-37.

Sihotang, H. (2019). *Integrasi kearifan lokal Batak Toba dalam pembelajaran matematika. Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(2), 123-132.

Simamora, R. (2018). *Implementasi Nilai Kepemimpinan (Hasangapon) Dalam Pembelajaran Matematika Berdiferensiasi. Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(1), 87-98.

Simangunsong, R. (2017). *Analisis bentuk-bentuk geometris pada arsitektur rumah adat Batak Toba. Jurnal Matematika*, 9(1), 45-52.

Siregar, B. (2020). *Metode pembelajaran berbasis permainan tradisional Batak. Prosiding Internasional Pendidikan*, 3(1), 19-25.

Siregar, F. (2016). *Budaya dalam pengajaran matematika: Studi kasus Batak Toba. Jurnal Matematika dan Kebudayaan*, 14(2), 50-66.

Sitompul, H. (2019). *Pengembangan Pembelajaran Matematika Berbasis Kearifan Lokal Batak Toba*. Jurnal Inovasi Pembelajaran, 5(2), 109-120.

Subban, P. (2006). *Differentiated instruction: A research basis*. International Education Journal, 7(7), 935-947.

Tomlinson, C. A., & Imbeau, M. B. (2010). *Leading And Managing A Differentiated Classroom*. ASCD.

Tomlinson, C. A. (2014). *The Differentiated Classroom: Responding to the Needs of All Learners* (2nd ed.). ASCD.

Villegas, A. M., & Lucas, T. (2002). *Preparing Culturally Responsive Teachers: Rethinking The Curriculum*. Journal of Teacher Education, 53(1), 20-32.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Strategi Optimalisasi Keuntungan Usaha Jus Buah melalui Metode Simpleks

Jesiska Anjelin Siagian[1], Joel Shintong Naibaho[2], Julisa Ayu Lestari[3], Sutan Ismail Akbar Rafsanjani Lubis[4], Vico Putra Sidauruk[5*], Yoga Aulia Saputra[6], Erlinawaty Simanjuntak[7]

[1-7]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia

**Coresponding Author:vico23jan@gmail.com*

Abstrak, usaha jus buah banyak diminati oleh berbagai kalangan, namun masih menghadapi kendala dalam optimalisasi keuntungan akibat keterbatasan bahan baku yang meliputi air, es batu, susu kental manis, gula, dan berbagai buah yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi solusi optimal dalam memaksimalkan keuntungan usaha jus melalui penerapan metode simpleks pada program linier. Penelitian difokuskan pada tiga varian jus: alpukat, kuini, dan terong belanda, dengan fungsi tujuan disusun berdasarkan keuntungan per jenis jus dan batasan ditentukan dari ketersediaan bahan baku serta kapasitas produksi harian. Hasil analisis menunjukkan bahwa solusi optimal dicapai dengan memproduksi 46 cup jus alpukat, 50 cup jus kuini, dan 40 cup jus terong belanda, yang menghasilkan keuntungan maksimum sebesar Rp. 251.000. Dari hasil yang diperoleh, penerapan metode simpleks terbukti efektif dalam mencapai optimalisasi keuntungan bagi usaha jus buah skala mikro.

Kata kunci: Jus Buah; Metode Simpleks; Optimalisasi

***Abstract**, the fruit juice business is in great demand by various groups, but still faces obstacles in optimizing profits due to limited raw materials which include water, ice cubes, sweetened condensed milk, sugar and the various fruits used. This research aims to identify the optimal solution for maximizing business profits only through applying the simplex method to linear programming. The research focused on three juice variants: avocado, kuquini, and tamarillo, with the objective function arranged based on profits per type of juice and limits determined by the availability of raw materials and daily production capacity. The analysis results show that the optimal solution is achieved by producing 46 cups of avocado juice, 50 cups of grapefruit juice, and 40 cups of tamarillo juice, which produces a maximum profit of IDR. 251,000. From the results obtained, the application of the simplex method is proven to be effective in achieving profit optimization for micro-scale fruit juice businesses.*

***Keywords**: Fruit juice; Simplex Method; Optimization*

Citation : Siagian, J. A., dkk. (2024). Strategi Optimalisasi Keuntungan Usaha Jus Buah melalui Metode Simpleks. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 290 – 295

PENDAHULUAN

Perkembangan UMKM di Indonesia sangatlah penting mengingat banyaknya UMKM yang tersebar di seluruh Indonesia. Sebagai salah satu sektor perekonomian yang sangat penting, jumlah UMKM yang besar pasti akan mempengaruhi pertumbuhan dan meningkatan perekonomian (Kurniawan, 2024). UMKM sering dianggap sebagai penggerak ekonomi yang signifikan, terutama di daerah-daerah, karena sektor ini mampu berkembang dengan modal yang relatif kecil dan memberikan dampak positif bagi kesejahteraan sosial dan ekonomis (Maria, V., 2024). Salah satu jenis usaha UMKM yang berkembang pesat adalah usaha jus buah. Meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya gaya hidup sehat telah meningkatkan permintaan terhadap produk-produk sehat seperti jus buah. Minuman jus buah menjadi populer karena kandungan vitaminnya yang tinggi, antioksidan, dan zat gizi lain yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh, menjadikannya pilihan yang diminati oleh konsumen yang sadar akan kesehatan (Ritonga, F., 2024).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Meski peluang usaha banyak pelaku UMKM di sektor ini menghadapi tantangan dalam mencapai keuntungan optimal. Beberapa kendala utama yang sering dihadapi adalah keterbatasan bahan baku, modal yang minim, dan fluktuasi permintaan pasar (Firdaus, S., 2020). Akibatnya, sering kali produksi dilakukan berdasarkan perkiraan atau pesanan harian, sehingga kurang memperhatikan efisiensi pemanfaatan sumber daya. Ketidakefisienan ini dapat menimbulkan pemborosan bahan baku dan mengurangi potensi keuntungan yang seharusnya bisa dioptimalkan.

Pendekatan ilmiah, seperti optimasi yang efektif untuk membantu UMKM mengatasi kendala tersebut. Program linier adalah metode matematika untuk menentukan solusi optimal suatu masalah dengan mempertimbangkan batasan-batasan tertentu, seperti jumlah bahan baku yang tersedia dan kapasitas modal. Salah satu teknik utama dalam program linear adalah metode simpleks, yang dirancang untuk menyelesaikan masalah optimasi dengan lebih dari dua variabel keputusan, sehingga cocok untuk permasalahan produksi UMKM yang kompleks. Metode simpleks merupakan bagian dari program linier dan dapat digunakan karena memungkinkan untuk menggabungkan bahan baku dan keuntungan yang diperoleh (Lina, 2020). Melalui metode simpleks, pelaku usaha dapat menentukan kombinasi produksi yang menghasilkan keuntungan maksimal berdasarkan kondisi sumber daya yang ada (Suryanto, 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode simpleks dalam menentukan volum optimal dari berbagai jenis jus buah guna memaksimalkan keuntungan (Ritonga, F., 2024). Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan yang aplikatif bagi pelaku usaha jus buah dan UMKM lainnya dalam merencanakan strategi produksi berbasis data yang lebih terstruktur, sehingga dapat mengoptimalkan pemanfaatan bahan baku dan modal yang dimiliki.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan menggunakan pendekatan studi kasus. Menurut Sugiyono (2018), metode kuantitatif digunakan karena data survei bersifat numerik dan digunakan statistik untuk analisisnya. Studi kasus merupakan serangkaian kegiatan akademik yang dilakukan secara intensif dan mendetail untuk memperoleh pengetahuan mendalam tentang suatu program, peristiwa, dan kegiatan baik pada tingkat individu, sekelompok orang, lembaga, atau organisasi. Biasanya peristiwa yang dipilih (selanjutnya disebut kasus) merupakan peristiwa aktual yang sedang berlangsung, bukan sesuatu yang telah berlalu (Raharjo, 2017). Peneliti melakukan studi kasus terhadap usaha penjualan Jus Buah yang berlokasi di Jalan Perjuangan Kota Medan pada tanggal 29 Oktober 2024 pukul 13.00 WIB. Subjek penelitian ini diantaranya adalah data terkait produksi, penjualan, biay bahan baku, dan harga jual jus buah.

Adapun teknik pengumpulan data adalah dengan melakukan wawancara dan observasi secara langsung kepada pemilik usaha jus buah untuk memperoleh informasi tentang biaya, kendala produksi, dan target keuntungan. Setelah data terkumpul, kemudian data dianalisis menggunakan metode simpleks secara manual dalam menentukan keuntungan maksimum yang didapatkan dari penjualan jus buah.

Menurut Mariani Lengkey (2024), langkah-langkah umum dalam menggunakan metode simpleks adalah: (1) penyusunan tabel simpleks awal berdasarkan masalah pemrograman linear, yang terdiri dari variabel keputusan, variabel slack (penyangga), serta fungsi tujuan dan batasannya; (2) identifikasi variabel masuk dan keluar, di mana variabel masuk adalah yang dapat meningkatkan nilai fungsi tujuan, sementara variabel keluar adalah variabel yang akan meninggalkan basis; (3) hitung rasio koefisien, yaitu perbandingan antara nilai solusi di kolom tertentu dengan kolom variabel

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

masuk, yang digunakan untuk menentukan variabel keluar; (4) variabel keluar dipilih berdasarkan rasio positif terkecil sesuai aturan Minimum Ratio Test; (5) pemuktahiran tabel simpleks dengan menggunakan operasi baris elemen dasar untuk memperoleh solusi yang lebih baik; (6) jumlah iterasi didapatkan dengan mengulang proses 2 sampai 5 hingga tidak ada lagi koefisien negatif pada baris fungsi tujuan; (7) solusi optimal dapat ditemukan, dimana nilai variabel keputusan memberikan hasil terbaik untuk masalah yang dihadapi; (8) solusi optimal dianalisis dan diinterpretasikan sesuai dengan konteks permasalahan sehingga dapat digunakan untuk pengambilan keputusan yang tepat dalam bisnis atau perencanaan lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan observasi dan wawancara dengan penjual jus buah, diketahui bahwa jus buah yang dijualnya ada tiga jenis, yaitu Alpukat, Kueni, dan Terong. Bahan ketiga jenis jus buah disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Bahan, Produk, Kapasitas dan Keuntungan

	Produk			Kapasitas Maks.
Bahan	Jus Alpukat	Jus Kueni	Jus Terong Belanda	(gr)
Air	50	50	50	19000
Es Batu	150	150	150	23000
Susu	5	5	5	819
Gula	25	25	25	5000
Alpukat	150	0	0	7000
Kueni	0	100	0	5000
Terong Belanda	0	0	125	5000
Cup	1	1	1	150
Keuntungan	1000	2500	2000	

Berdasarkan tabel 1, data diubah kedalam pemodelan program linier. Variabel keputusan; x_1: Jumlah jus Alpukat yang akan diproduksi; x_2: Jumlah jus Kueni yang akan diproduksi dan x_3: Jumlah jus Terong Belanda yang akan diproduksi. Fungsi tujuan, dimana fungsi tujuan pada penelitian ini yaitu memaksimumkan keuntungan dari penjualan jus buah maka fungsi tujuannya Z = $1.000x_1 + 2.500x_2 + 2.000x_3$. Fungsi kendala, bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan jus buah ada delapan macam yaitu Air, Es batu, Susu, Gula, Alpukat, Kueni, Terong Belanda, dan Cup. Fungsi kendalanya diantaranya; (1) air: $50x_1 + 50x_2 + 50x_3 \leq 19.000$; (2) es batu: $150x_1 + 150x_2 + 150x_3 \leq 23.000$; (3) susu: $5x_1 + 5x_2 + 5x_3 \leq 819$; (4) gula: $25x_1 + 25x_2 + 25x_3 \leq 5.000$; (5) alpukat: $150x_1 \leq 7.000$; (6) kueni: $100x_2 \leq 5.000$; (7) terong belanda: $125x_3 \leq 5.000$; dan (8) cup: $x_1 + x_2 + x_3 \leq 150$.

Setelah pemodelan program linier dilakukan, data diubah lagi kedalam bentuk model simpleks, sebelum dilakukan perhitungan menggunakan metode simpleks. Dimana fungsi tujuan, fungsi kendala dan fungsi pembatas berupa menjadi Z - $1.000x_1 - 2.500x_2 - 2.000x_3 - 0s_1 - 0s_2 - 0s_3 - 0s_4 - 0s_5 - 0s_6 - 0s_7 - 0s_8 = 0$ untuk fungsi tujuan. Sedangkan fungsi kendala; (1) $50x_1 + 50x_2 + 50x_3 + x_3 + 0s_2 + 0s_3 + 0s_4 + 0s_5 + 0s_6 + 0s_7 + 0s_8 = 19000$; (2) $150x_1 + 150x_2 + 150x_3 + 0s_1 + s_2 + 0s_3 + 0s_4 + 0s_5 + 0s_6 + 0s_7 + 0s_8 = 23.000$; (3)$5x_1 + 5x_2 + 5x_3 + 0s_1 + 0s_2 + s_3 + 0s_4 + 0s_5 + 0s_6 + 0s_7 + 0s_8 = 819$; (4) $25x_1 + 25x_2 + 25x_3 + 0s_1 + 0s_2 + 0s_3 + s_4 + 0s_5 + 0s_6 + 0s_7 + 0s_8 = 5.000$; (5) $150x_1 + 0s_1 + 0s_2 + 0s_3 + 0s_4 + s_5 + 0s_6 + 0s_7 + 0s_8 = 7.000$; (6) $100x_2 + 0s_1 + 0s_2 + 0s_3 + 0s_4 + 0s_5 + s_6 + 0s_7 + 0s_8 = 5.000$; (7) $125x_3 + 0s_1 + 0s_2 + 0s_3 + 0s_4 + 0s_5 + 0s_6 + s_7 + 0s_8 = 5.000$; dan (7) $x_1 + x_2 + x_3 + 0s_1 + 0s_2 +$

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

$0s_3 + 0s_4 + 0s_5 + 0s_6 + 0s_7 + s_8 = 150$. Kemudian untuk fungsi pembatas $x_1, x_2, x_3, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7, s_8 \geq 0$. Setelah data dalam bentuk metode simpleks, perhitungan dapat dilakukan mempersiapkan tabel simpleks awal. Tabel simpleks awal dapat dilihat pada tabel dua.

Tabel 2. Tabel simples awal

VD	x_1	x_2	x_3	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	NK
Z	-1000	-2500	-2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
s_1	50	50	50	1	0	0	0	0	0	0	0	19000
s_2	150	150	150	0	1	0	0	0	0	0	0	23000
s_3	5	5	5	0	0	1	0	0	0	0	0	819
s_4	25	25	25	0	0	0	1	0	0	0	0	5000
s_5	150	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7000
s_6	0	100	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5000
s_7	0	0	125	0	0	0	0	0	0	1	0	5000
s_8	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	150

Setelah pemodelan dimasukkan kedalam tabel simpleks awal, pengoperasian dimulai dengan iterasi 1 yaitu mencari kolom kunci dan baris kunci serta angka kunci untuk memperbarui tabel simpleks. Pembaruan tabel simpleks dilakukan dengan melakukan perubahan pada baris kunci baru dengan cara membagi baris kunci lama dengan angka kunci serta perubahan pada baris lainnya dengan mengurangkan baris lama dengan hasil kali angka kolom kunci baris yang bersangkutan dengan baris lama. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 3 yang merupakan iterasi pertama.

Tabel 3. Iterasi 1

VD	x_1	x_2	x_3	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	NK
Z	-1000	0	-2000	0	0	0	0	0	25	0	0	125000
s_1	50	0	50	1	0	0	0	0	-0,5	0	0	16500
s_2	150	0	150	0	1	0	0	0	-1,5	0	0	15500
s_3	5	0	5	0	0	1	0	0	-0,05	0	0	569
s_4	25	0	25	0	0	0	1	0	-0,25	0	0	3750
s_5	150	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7000
x_2	0	1	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	50
s_7	0	0	125	0	0	0	0	0	0	1	0	5000
s_8	1	0	1	0	0	0	0	0	-0,01	0	1	100

Setelah dihitung, ditemukan bahwa tabel tersebut belum optimal karena masih terdapat bilangan negatif pada fungsi tujuan. Maka dilakukan iterasi atau perhitungan kembali seperti cara sebelumnya hingga tidak ada lagi angka negatif pada fungsi tujuan. Tabel simpleks baru dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Iterasi 2

VD	x_1	x_2	x_3	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	NK
Z	-1000	0	0	0	0	0	0	0	25	16	0	205.000
s_1	50	0	0	1	0	0	0	0	-0,5	-0,4	0	14.500
s_2	150	0	0	0	1	0	0	0	-1,5	-1,2	0	9500
s_3	5	0	0	0	0	1	0	0	-0,05	-0,04	0	369
s_4	25	0	0	0	0	0	1	0	-0,25	-0,2	0	2750
s_5	150	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7000
x_2	0	1	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	50
x_3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,008	0	40
s_8	1	0	0	0	0	0	0	0	-0,01	-0008	1	60

Tabel pada iterasi 2 tersebut belum optimal karena masih terdapat bilangan negatif pada fungsi tujuan. Maka dilakukan iterasi kembali. Tabel simpleks baru dapat dilihat pada tabel 5.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Tabel 5. Iterasi 3

VD	x_1	x_2	x_3	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	NK
Z	0	0	0	0	0	0	0	6,67	25	16	0	251,666
s_1	0	0	0	1	0	0	0	-0,333	-0,5	-0,4	0	12166,666
s_2	0	0	0	0	1	0	0	-1	-1,5	-1,2	0	2500
s_3	0	0	0	0	0	1	0	-0,033	-0,05	-0,04	0	135,666
s_4	0	0	0	0	0	0	1	-0,166	-0,25	-0,2	0	1583,333
x_1	1	0	0	0	0	0	0	0,006	0	0	0	46,666
x_2	0	1	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	50
x_3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,008	0	40
s_8	0	0	0	0	0	0	0	-0,006	-0,01	-0008	1	13,333

Tabel diatas sudah optimal karena tidak ada lagi bilangan negatif pada fungsi tujuannya. Dengan demikian diperoleh hasil x_1=46,66, x_2=50, x_3=40 dengan nilai kanan Z=251,666.

Pembahasan

Optimalisasi keuntungan pada usaha jus buah ini dilakukan menggunakan metode simpleks dalam pemrograman linear. Dengan merumuskan model yang melibatkan tiga variabel keputusan: x_1 untuk jus Alpukat, x_2 untuk jus Kueni, dan x_3 untuk jus Terong Belanda, penelitian ini bertujuan untuk memaksimalkan pendapatan dari penjualan jus. Fungsi tujuan yang digunakan adalah $Z=1.000x_1+2.500x_2+2.000x_3$. Dengan beberapa kendala terkait bahan baku yang tersedia, seperti air, es batu, susu, gula, serta jumlah bahan utama, termasuk alpukat, kueni, dan terong Belanda. Pendekatan ini memungkinkan usaha jus buah untuk merencanakan produksi sesuai kapasitas bahan yang dimiliki, sehingga dapat mencapai efisiensi dalam pemanfaatan sumber daya.

Berdasarkan hasil perhitungan metode simpleks, solusi optimal diperoleh dengan menerapkan strategi produksi yaitu memproduksi 46 cup jus Alpukat, 50 cup jus Kueni, dan 40 cup jus Terong Belanda, yang memberikan keuntungan maksimum sebesar Rp. 251.000. Nilai ini menunjukkan bahwa distribusi jumlah produksi yang berbeda untuk setiap jenis jus sesuai kapasitas bahan yang ada dapat menghasilkan pendapatan optimal. Hal ini juga menunjukkan bahwa setiap jenis jus memberikan kontribusi berbeda terhadap keuntungan, yang dipengaruhi oleh harga jual dan kebutuhan bahan baku. Dengan memenuhi kendala kapasitas bahan baku secara efisien, usaha ini dapat mencapai jumlah produksi optimum untuk setiap jus, yang berkontribusi pada keuntungan tertinggi.

Hasil ini sejalan dengan penelitian serupa oleh Ria Agustina (2024) yang menggunakan metode simpleks untuk mengoptimumkan penjualan UMKM Jus Buah, yang juga menghadapi keterbatasan bahan baku dan modal dasar produksi. Studi yang serupa dilakukan juga oleh Lia Oktavia (2024), dimana dia juga menemukan nilai maksimum pendapatan penjual jus buah dengan menggunakan metode simpleks. Maka berdasarkan studi tersebut, metode simpleks membantu menentukan jumlah produksi optimal untuk mencapai keuntungan maksimal meski dengan adanya keterbatasan sumber daya. Dengan demikian, metode simpleks terbukti efektif untuk mengoptimalkan keuntungan usaha minuman seperti jus buah, terutama dalam kondisi keterbatasan sumber daya. Penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi usaha kecil dan menengah dalam menentukan strategi produksi yang dapat mengatasi kendala bahan baku, sehingga meningkatkan efisiensi dan keuntungan usaha.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti mengambil kesimpulan bahwa metode simpleks dalam program linear dapat diterapkan untuk menentukan volume optimal dari berbagai

jenis jus buah guna memaksimalkan keuntungan. Hal ini dapat kita lihat dari hasil perhitungan metode simpleks, solusi optimal diperoleh dengan memproduksi 46 jus Alpukat, 50 jus Kueni, dan 40 jus Terong Belanda, yang memberikan keuntungan maksimum sebesar 251.000. Nilai ini menunjukkan bahwa distribusi jumlah produksi yang berbeda untuk setiap jenis jus sesuai kapasitas bahan yang ada dapat menghasilkan pendapatan optimal. Kemudian penelitian ini juga dapat bermanfaat dengan memberikan kontribusi penting bagi usaha kecil dan menengah dalam menentukan strategi produksi dan penjualan, serta meningkatkan keuntungan usaha.

DAFTAR PUSTAKA

Agustina, R., Nainggolan, R. S., & Panggabean, S. (2024). Meningkatkan UMKM Jus Buah Bu Ida dengan Mengoptimumkan Penjualan Menggunakan Metode Simpleks dalam Linear Programming. *Jurnal Riset Rumpun Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, *3*(1), 52-68.

Firdaus, S. A., Ilham, I. F., Aqidah, L. P., Firdaus, S. A., Astuti, S. A. D., & Buchori, I. (2020). Strategi UMKM untuk meningkatkan perekonomian selama pandemi COVID-19 pada saat new normal. OECONOMICUS Journal of Economics, 5(1), 46-62.

Kurniawan, V., Faisal, M., Ansori, R., & Pangaribuan, R. Y. (2024). Pengaruh Umkm (Usaha Mikro Kecil Menegah) Terhadap Peningkatan Perekonomian Indonesia Tahun 2024. *Musytari: Neraca Manajemen, Akuntansi, dan Ekonomi*, *9*(4), 111-120.

Lengkey, M. R. S., Rumbino, L. A. Y., Yaroseray, N., Rumboirusi, J. A., Isawa, C. S., Iwanggin, W. F., ... & Sutejo, H. (2024). Optimalisasi Keuntungan Penjualan Menu Pada Meet Point Cafe Menggunakan Metode Simpleks. *Tamilis Synex: Multidimensional Collaboration*, *2*(01), 360-367.

Lina, T. N., Marlissa, B. S., Rumetna, M. S., & Lopulalan, J. E. (2020). Penerapan Metode Simpleks Untuk Meningkatkan Keuntungan Produksi. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, *7*(3), 459-468.

Maria, V., Situmeang, T., Ardana, R., F. (2024). Strategi Pengembangan Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) Berbasis Ekonomi Kreatif di Kecamatan Serang, Kabupaten Serang. Jurnal Penelitian Bisnis dan Manajemen. 2(2), 12-36.

Octavia, L. N., Desiawan, V. A., Charly, P., Amirulloh, F. A., & Riskin, A. N. (2024). Maksimasi Keuntungan Pedagang Jus Buah Di Duri Kosambi, Jakarta Barat Dengan Metode Simpleks. *Integrasi: Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, *9*(1), 9-14.

Rahardjo, M. (2017). Studi kasus dalam penelitian kualitatif: konsep dan prosedurnya.

Ritonga, F., Mardianti, H., Sari, K. A., Putri & Wardah. (2024). Implementasi Metode Simpleks dalam Penentuan Jumlah Keuntungan pada Jus Buah. Indo-MathEdu Intellectuals Journal, 5 (1), 519-528.

Sugiyono. 2018. Metode Penelitian Kuantitatif. Bandung: Alfabeta.

Suryanto, Nugroho, E. S., & Putra, R. K. (2019). Analisis optimasi keuntungan dalam produksi keripik daun singkong dengan linier programming melalui metode simpleks. Jurnal Manajemen, 19(2), 226-236.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Model Regresi Data Panel dalam Menentukan Faktor yang Berpengaruh Terhadap Tingkat Stunting di Provinsi Sumatera Utara

Ichsan Zein Dalimunthe[1*], Elmanani Simamora[2]
[1,2]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author:ichsanzein1@gmail.com*

Abstrak, penelitian ini bertujuan untuk menentukan model regresi data panel dan mengetahui factor-faktor yang mempengaruhi stunting di Provinsi Sumatera Utara. Metode yang digunakan yaitu penelitian kuantitatif dengan menggunakan data tahunan dari BPS dan Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara dari 2018 sampai dengan 2022. Data dikumpulkan dan dianalisis mengguanakan metode regresi data panel untuk menemukan model yang paling sesuai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model terbaik yang digunakan adalah Random Effect Model. Variabel signifikan yang mempengaruhi pravelensi stunting adalah persentase Rumah Tangga Sanitasi Layak dan Akses Air Minum Layak. Temuan ini dapat membantu pemerintah merancang kebijakan yang efektif untuk mempercepat penurunan stunting di Sumatera Utara.
Kata kunci: Random Effect Model, Regresi Data Panel, Stunting

***Abstract**, this research aims to determine the panel data regression model and determine the factors that affect stunting in North Sumatra Province. The method used is quantitative research using annual data from BPS and the Health Office of North Sumatra Province from 2018 to 2022. Data were collected and analyzed using panel data regression methods to find the most suitable model. The results showed that the best model used was the Random Effect Model. The significant variables that affect the prevalence of stunting are the percentage of Households with Adequate Sanitation and Access to Adequate Drinking Water. These findings can help the government design effective policies to accelerate stunting reduction in North Sumatra.*
***Keywords**: Panel Data Regression, Random Effect Model, Stunting*

Citation : Dalimunthe, I. Z., & Simamora, E. (2024). Model Regresi Data Panel dalam Menentukan Faktor yang Berpengaruh Terhadap Tingkat Stunting di Provinsi Sumatera Utara. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 296 – 303.

PENDAHULUAN

Anak-anak Indonesia diharapkan mempunyai kapabilitas yang sehat, cerdas, imajinatif, dan cerdas yang dapat berkontribusi pada masa depan yang lebih cerah. Mereka akan menjadi generasi yang mendorong kemajuan bangsa jika dilahirkan dalam keadaan sehat, tumbuh dengan optimal, dan mendapatkan Pendidikan berkualitas tinggi. Namun, kekurangan gizi kronis dapat menyebabkan stunting, yaitu kondisi dimana anak di bawah lima tahun mengalami pertumbuhan terhambat, sehingga tinggi badannya menjadi kurang sesuai dengan usianya.

Hasil Survey Status Gizi Indonesia (SSGI) yang diterbitkan Kementerian Kesehatan menunjukkan angka stunting di Indonesia menjangkau 21,6% tahun 2022. Walaupun ada penurunan sebesar 24,4% dibandingkan tahun sebelumnya, prevalensinya masih tetap tinggi. Pemerintah bertujuan untuk mengurangi prevalensi stunting menjadi 14% pada tahun 2024, sesuai dengan standar WHO yang menetapkan batas maksimal 20%. Untuk mencapai target ini, diperlukan upaya dan inovasi untuk mengurangi jumlah balita yang mengalami stunting sebesar 3,8% setiap tahunnya (Liza Syarifah, 2023).

Diambil dari data Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) 2022, tercatat bahwa pada tahun 2022, Provinsi Sumatera Utara memiliki prevalensi stunting yang lebih rendah (21,1%) dibandingkan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dengan tahun 2021 (25,8%). Meskipun mengalami penurunan, Sejumlah kota dan kabupaten di Provinsi Sumatera Utara menunjukkan adanya peningkatan prevalensi stunting. Karenanya, perlu dilakukan upaya yang terus-menerus untuk menurunkan prevalensi stunting di provinsi Sumatera Utara demi mencapai target 14% pada tahun 2024 (Pemerintah Sumatera Utara, 2023).

Dalam upaya menurunkan prevalensi stunting di Indonesia, terutama di Sumatera Utara, pemerintah perlu memiliki strategi yang efektif untuk mencapai target yang ditetapkan. Salah satu pendekatan yang diperlukan adalah mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi prevalensi stunting di wilayah tersebut selama periode 2018 hingga 2022. Regresi data panel adalah teknik analisis yang relevan.

Pemberian ASI ekslusif, berat badan lahir rendah, akses terhadap sanitasi layak dan fasilitas air minum yang aman merupakan faktor-faktor kunci yang secara signifikan mempengaruhi tingkat pravelensi stunting pada anak-anak. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pemberian ASI eksklusif selama enam bulan pertama kehidupan sangat penting dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan anak, serta mencegah malnutrisi yang dapat menyebabkan stunting (WHO,2023). Berat lahir rendah juga terbukti berkonstribusi secara signifikan terhadap risiko stunting karena bayi dengan berat lahir rendah cenderung mengalami kekurangan nutrisi sejak awal kehidupannya (UNICEF,2023). Selain itu, akses ke sanitasi dan air minum layak merupakan faktor penentu dalam mencegah infeksi usus, seperti diare, yang dapat mengganggu penyerapan nutrisi dan memperparah kondisi malnutrisi (World Bank,2016).

Oleh karena itu, intervensi yang berfokus pada peningkatan kondisi sanitasi dan akses air bersih, serta promosi ASI ekslusif dan pengendalian bayi dengan berat lahir rendah, menjadi strategi yang paling kritis dalam menurunkan angka stunting. Data panel adalah kombinasi dari data cross-sectional dan time-series yang dikumpulkan selama rentang waktu tertentu. Data cross-sectional ialah data yang dikumpulkan secara sistematis dari sampel pada satu waktu tertentu, sementara data time series adalah data yang merekam variabel sepanjang periode yang berkelanjutan atau pada waktu yang berbeda (Zarkasi et al., 2021).

Pemilihan faktor waktu dalam penelitian tentang stunting sangat penting karena tingkat stunting dapat dipengaruhi oleh perubahan dan tren yang dari waktu ke waktu. Meneliti masalah waktu membantu mengidentifikasi tren jangka panjang dalam tingkat stunting, apakah meningkat, menurun, atau stabil. Menurut UNICEF (2020), program intervensi yang berkelanjutan dan konsisten sangat penting dalam mengurangi tingkat stunting. Kebijakan pemerintah dan program intervensi untuk mengurangi stunting dapat berubah dari tahun ke tahun. Misalnya, peningkatan alokasi anggaran untuk program gizi, penyuluhan kesehatan ibu dan anak, serta program sanitasi dapat mempengaruhi tingkat stunting seiring waktu.

Penggunaan data panel memberikan keunggulan dalam mengidentifikasi pola dan tren jangka panjang serta efek kebijakan dan program yang berubah seiring waktu. Hal ini dapat membantu pembuat kebijakan untuk memahami dinamika stunting dan merancang intervensi yang lebih efektif. Metode analisis regresi data panel digunakan untuk menggambarkan korelasi antar variabel dependen dan independen dalam data panel. Dibandingkan dengan regresi berganda, pendekatan ini memiliki sejumlah keunggulan, karena dengan menggunakan lebih banyak data, analisis ini dapat mengungkap informasi yang tidak bisa diperoleh jika hanya menggunakan data cross-sectional atau time-series secara terpisah. Dibandingkan dengan data cross-sectional dan time-series, data panel memiliki beberapa keunggulan: mereka memungkinkan variasi yang lebih jelas dalam pemodelan dengan melibatkan variabel tertentu, menyediakan lebih banyak informasi, mengurangi kolinearitas di antara

variabel bebas, dan lebih relevan untuk analisis dalam situasi dinamis. Selain itu, data panel memiliki kelebihan lain, seperti menghasilkan bias yang lebih rendah dan mampu menilai dampak yang tidak dapat terlihat hanya melalui data deret waktu atau data cross-sectional (Gamayanti & Junaidi, 2021).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa regresi data panel telah berhasil diterapkan untuk menganalisis variabel-variabel yang berkontribusi terhadap stunting pada anak-anak di Indonesia. Studi tersebut mengungkapkan bahwa penggunaan model estimasi dengan Fixed Effect Model (FEM) dapat memberikan wawasan yang mendalam tentang hubungan antara variabel seperti cakupan kunjungan K-4 ibu hamil dan persentase stunting pada balita (Asmoyo & Ratnasari, 2022). Studi yang dilakukan oleh Pangaribuan dkk tahun 2020 menggunakan regresi data panel untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi persentase stunting pada anak usia dini di indonesia pada tahun 2015-2018. Pendekatan efek tetap (FEM) diterapkan dalam regresi data panel sebagai bentuk analisis. Hasil akhir estimasi model memperlihatkan bahwa rata-rata pengeluaran rumah tangga per kapita untuk pangan serta proporsi anak balita dengan gizi buruk tidak memiliki dampak yang signifikan.

Studi yang dilakukan oleh Zarkasi dan rekan-rekannya tahun 2021, yang berjudul "Identifikasi Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Kalimantan Menggunakan Regresi Panel," Analisis difokuskan pada indikator-indikator yang memengaruhi IPM Kalimantan dari tahun 2014 hingga 2017. Metode yang diterapkan adalah model efek tetap (FEM) untuk mengestimasi model. Hasil dari estimasi model menunjukkan nilai R^2 sebesar 99,54 persen. Temuan studi mengindikasikan peningkatan jumlah angka harapan hidup, rata-rata lama pendidikan, lama pendidikan dan pengeluaran per kapita dapat berkontribusi pada peningkatan IPM.

Permasalahan penelitian yang akan ditinjau dalam artikel ini adalah: bagaimana model regresi data panel yang paling tepat untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi stunting di Provinsi Sumatera Utara dari tahun 2018 hingga 2022, dan variabel mana yang memiliki pengaruh signifikan. Tujuan dari kajian ini adalah untuk menerapkan model regresi data panel pada faktor-faktor yang memengaruhi tingkat stunting di Provinsi Sumatera Utara, mengevaluasi model terbaik antara *Common Effect Model, Fixed Effect Model, dan Random Effect Model*, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang berperan signifikan dalam menentukan prevalensi stunting di wilayah tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Sumatera Utara serta Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara, yakni data kasus Stunting (Y), Pemberian ASI Eksklusif (X_1), Bayi Berat lahir Rendah (BBLR) (X_2), Rumah Tangga Sanitasi Layak (X_3) dan Fasilitas Air Minum Layak (X_4). Penelitian ini menggunakan beberapa tahapan analisis diawali membuat statistik deskriptif. Kemudian mengestimasi Common Effect Model (CEM), dalam Model CEM menghasilkan kumpulan data dengan variabel dependen dan independen dengan menggabungkan semua data yang tersedia tanpa memperhitungkan waktu atau faktor individual. Persamaan untuk model CEM sama dengan persamaan (1) (Zakarasi et al., 2021) dimana Y_{it} adalah variabel dependen untuk periode ke-t dari unit observasi ke-i, β_0 Intersep model regresi atau parameter konstanta, β_k merupakan koefisien variable independen, X_{kit} merupakan variabel independen ke-k untuk periode ke-t dari unit observasi ke-i dan e_{it} merupakan error untuk periode ke-t dari unit observasi ke-i.

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \cdots + \beta_k X_{kit} + e_{it} \quad (1)$$

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Kemudian mengestimasi Fixed Effect Model (FEM), dalam model estimasi FEM, prosedur penambahan variabel dummy digunakan untuk mengatasi perbedaan intersep yang ada, sehingga pendekatan ini dikenal sebagai Model Least Square Dummy Variable (LSDV). Berikut ini merupakan rumus untuk model FEM. (Gujarati, 2003). Konsep "Fixed Effect" berasal dari realitas bahwa, sekalipun intersep dapat berbeda antara subjek, intersep setiap entitas tetap konstan secara berkala, yaitu tidak tergantung pada periode waktu.

$$Y_{it} = \beta_{0i}D + \sum_{k=1}^{n} \beta_k X_{kit} + e_{it} \quad (2)$$

Mengestimasi Random Effect Model (REM), dalam penerapan model REM, dilakukan estimasi pada model efek acak, yang mana dikenal dengan model komponen kesalahan. ketidaksamaan dalam karakteristik individu dan waktu dimasukkan ke dalam komponen galat atau error dari model tersebut. Persamaan untuk model REM dapat dirumuskan seperti persamaan (3) (Brook,2008), dimana w_{it} merupakan komponen error yang terdiri dari e_i adalah masing-masing komponen *error*/kesalahan cross-section dan v_{it} merupakan error gabungan data cross-sectional dan time series.

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_{k=1}^{n} \beta_k X_{kit} + w_{it}, \;\; w_{it} = e_i + v_{it} \quad (3)$$

Selanjutnya melakukan Uji spesifikasi pemilihan model regresi data panel terbaik dengan uji Chow, uji Hausmann dan uji LM. Model efek umum dan model efek tetap dibandingkan menggunakan uji Chow. Karena setiap unit cross-sectional sering berperilaku berbeda, sering kali tidak realistis untuk berasumsi bahwa semuanya merespons atau berperilaku dengan cara yang sama. Adapun hipotesis dari Chow test yaitu; H_0: $\beta_{0_1} = \beta_{0_2} = \cdots = \beta_{0_N} = 0$ (Model yang digunakan CEM) dan H_1: setidaknya ada satu $\beta_{0_i} \neq 0 \,; i = 1,2,..,N$ (Model yang digunakan FEM). Menurut Aprilianti (2022) statisitik uji yang digunakan persamaan (4).

$$Chow = \frac{[RSS - URRS]/(n-1)}{URSS/(nT - n - K)} \quad (4)$$

Dengan n merupakan banyaknya unit *cross-section*, T merupakan banyaknya periode waktu, dan K merupakan banyaknya variabel independen, RSS merupakan jumlah kuadrat galat CEM, dan $URRS$ merupakan jumlah kuadrat galat FEM (Aprilianti et al., 2022). Daerah kritisnya adalah H_0 ditolak jika $F_{Hitung} > F_{(n-1),(nT-n-k)}$ atau ika nilai $p - value < \alpha$. Pemilihan antara model FEM dan REM ditentukan oleh uji Hausman. dengan memanfaatkan uji Wald. Berikut adalah statistik uji wald (Zarkasi et al., 2021):

$$W = \left(\hat{\beta}_{OLS} - \hat{\beta}_{GLS}\right)' \left[VAR\left(\hat{\beta}_{OLS} - \hat{\beta}_{GLS}\right)\right]^{-1} \left(\hat{\beta}_{OLS} - \hat{\beta}_{GLS}\right) \quad (5)$$

Dengan $\hat{\beta}_{OLS}$ adalah vektor parameter FEM, $\hat{\beta}_{GLS}$ adalah vector parameter REM. Dimana hipotesis yang digunakan H_0 $: corr(X_{it}, e_{it}) = 0$ (REM terpilij sebagai model terbaik) dan H_1 $: corr(X_{it}, e_{it}) \neq 0$ (FEM terpilih sebagai model terbaik) dengan $i = 1,2,\ldots,N$; $t = 1,2,\ldots,T$. Standar pengambilan keputusan: Tolak H_0 jika $\chi^2_{obs} > \chi^2_{\alpha:p}$ atau dengan melihat hasil *p-value*, maka tolak H_0 apabila nilai *p-value* $< \alpha$. model terbaik ialah FEM.

Untuk membandingkan model estimasi terbaik diantara CEM dan REM, uji Lagrange Multiplier akan digunakan. (Aprilianti et al., 2022). Hipotesis uji Lagrange Multiplier adalah H_0 : $\sigma^2_{\varepsilon\,i} = 0$ (Model yang terbaik CEM) dan H_1 : $\sigma^2_{\varepsilon\,i} \neq 0 \,; i = 1,2,\ldots,N$ (Model yang terbaik REM) Statistik uji Lagrange Multiplier dapat dilihat seperti persamaan (6).

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

$$LM = \frac{KT}{2(T-1)}\left[\frac{\sum_{i=1}^{K}\left[\sum_{t=1}^{T} e_{it}\right]^2}{\sum_{i=1}^{K}\sum_{t=1}^{T} {e_{it}}^2} - 1\right]^2 \quad (6)$$

Dengan, K adalah banyak sektor, T adalah Banyak periode waktu, e_{it} adalah Residual *Common Effect Model*. Apabila nilai $LM > \chi_k^2$ atau nilai *p-value* $< \alpha$, dengan demikian tolak H_0 , ini mengindikasikan bahwa Model Effek Acak digunakan.

Model regresi data panel memenuhi standar BLUE jika asumsi klasik seperti normalitas, multikolinieritas, linearitas, heteroskedastisitas, dan autokorelasi terpenuhi. Pada Common Effects Model (CEM) dan Fixed Effects Model (FEM), uji normalitas dan autokorelasi tidak diperlukan. Sedangkan, pada Random Effects Model (REM) dengan Generalized Least Squares (GLS), uji heteroskedastisitas dan autokorelasi tidak perlu dilakukan karena GLS sudah mengatasi heteroskedastisitas, dan autokorelasi tidak relevan untuk data panel (Hidayati et al., 2023). Variabel independen dan variabel dependen dihubungkan secara kausal melalui uji signifikansi parameter model regresi panel. Ada dua fase untuk menguji parameter model regresi: pengujian parsial dan pengujian simultan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Statistik Deskriptif dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini memberikan pandangan umum mengenai data, mempermudah pemahaman dan membantu menentukan langkah-langkah berikutnya dalam penelitian.

Tabel 1. Analisis Statistik Deskriptif

Variabel	N	Min	Max	Rata-rata
Y	33	14,90	45,95	30,31
X1	33	18,61	63,70	40,50
X2	33	0,04	2,41	0,61
X3	33	11,12	95,59	68,23
X4	33	41,02	96,72	74,89

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh informasi bahwa nilai rata-rata tingkat kasus pravelensi stunting pada anak umur 0-59 bulan (Balita) menurut 33 kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara dari tahun 2018 sampai dengan 2022 berkisar 30,31 persen. Tingkat kasus stunting tertinggi berada di Kabupaten Nias sebesar 45,95 persen dan tingkat kasus stunting terendah berada di Kota Pematang Siantar sebesar 14,90 persen.

Hasil estimasi CEM dapat dilihat pada tabel 2 dan hasil output semua variabel dalam model telah signifikan. Dengan demikian, estimasi model menggunakan Common Effect Model (CEM) diperoleh hasil estimasi CEM persamaan (7).

Tabel 2. *Output* Hasil Estimasi CEM yang Signifikan

Variabel	*Coefficient*	*p-value*
(*Intercept*)	55,209757	$2{,}2 \times 10^{-16}$
X1	0,063565	0,046290
X3	−0,076155	0,007867
X4	−0,297440	$1{,}156 \times 10^{-12}$

$$STUN_{it} = 55{,}210 + 0{,}064X_{1it} - 0{,}076X_{3it} - 0{,}297X_{4it} \quad (7)$$

Kemudian, hasil estimasi FEM dapat dilihat pada tabel 3 dan berdasarkan tabel tersebut diperoleh model estimasi Fixed Effet Model (FEM) seperti pada persamaan 8.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Tabel 3. *Output* Hasil Estimasi FEM yang Signifikan

Variabel	*Coefficient*	*p-value*
X3	$-0{,}211484$	$0{,}01619$
X4	$-0{,}190205$	$4{,}644 \times 10^{-5}$

$$STUN_{it} = \beta_{0i} - 0{,}211X_{3it} - 0{,}190X_{4it} \quad (8)$$

Sedangkan hasil estimasi REM dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan hasil output pada Tabel 4 dimana semua variabel sudah signifikan, maka didapat model estimasi dengan Random Effect Model (REM) seperti persamaan (9).

Tabel 4. *Output* Hasil Estimasi REM yang Signifikan

Variabel	*Coefficient*	*p-value*
(*Intercept*)	$55{,}901579$	$2{,}2 \times 10^{-16}$
X3	$-0{,}106258$	$0{,}004645$
X4	$-0{,}244881$	$1{,}334 \times 10^{-10}$

$$STUN_{it} = 55{,}902 - 0{,}106X_{3it} - 0{,}245X_{4it} \quad (9)$$

Pada uji Chow diperoleh nilai p-value sebesar $1{,}55 \times 10^{-6}$, yang lebih kecil dari $\alpha = 5\%$, sehingga model estimasi yang lebih sesuai adalah model FEM. Karena model terpilih adalah FEM, maka dilanjutkan ke uji Hausman. Pada uji Hausman, nilai p-value sebesar $0{,}05028$ lebih besar dari $\alpha = 5\%$, sehingga tidak ada cukup bukti untuk menolak H_0 , dan model estimasi yang lebih tepat adalah model REM. Pada uji LM nilai p-value yang diperoleh adalah $6{,}299 \times 10^{-7}$, kurang dari nilai tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$. Dengan demikian, H_0 ditolak, mengindikasikan model Random Effect (REM) merupakan pilihan yang lebih baik. Berdasarkan hasil ini, model regresi panel yang terbaik untuk penelitian ini adalah model REM.

Mengacu pada hasil pengujian yang telah selesai, model yang paling tepat untuk diterpakan yakni Random Effects Model (REM) dengan metode Generalized Least Squares (GLS). Dalam konteks penelitian ini, uji multikolinearitas dan normalitas diterapkan untuk menguji asumsi. Uji multikolinearitas dilakukan karena model regresi yang digunakan melibatkan beberapa variabel independen. Sementara itu, menentukan apakah residu model terdistribusi secara normal merupakan tujuan uji normalitas.

Berdasarkan uji asumsi klasik, dalam uji normalitas didapatkan nilai *p-value* sebesar $0{,}6665$ menunjukkan bahwa *p-value* berada diatas tingkat signifikansi (α). Hipotesis nol gagal tolak dikarenakan nilai *p-vaue* lebih besar dari α. Dengan demikian, Hal ini mengindikasikan bahwa residu memiliki distribusi normal. Pada uji multikolinearitas didapatkan nilai VIF $X_1 = 1{,}004996$, $X_2 = 1{,}064152$, F $X_3 = 1{,}751094$, F $X_4 = 1{,}687251$. Nilai VIF pada semua variabel ada dibawah 10, artinya tidak terdapat indikasi multikolinearitas antar variabel independen model regresi.

Berdasarkan uji signifikansi parameter , pada uji F nilai p-value sebesar $2{,}22 \times 10^{-16}$ dan nilai F_{Hitung} $51{,}19$. Diketahui bahwa nilai F_{Tabel} adalah 3,05 pada taraf signifikansi $(\alpha = 0{,}05)$. Karena $F_{Hitung} > F_{Tabel}$ atau $p - value < \alpha$ sehingga tolak H_0. Ini menunjukkan variabel independen secara simultan mempengaruhi variable dependen. Sedangkan pada uji parsial , Uji T dapat dilihat pada tabel 5. Terlihat dari hasil keluaran Tabel 5 bahwa setiap variabel mempunyai nilai $p - value$ di bawah tingkat signifikansi.$(\alpha = 0{,}05)$. Dengan nilai t_{tabel} sebesar 1,974 maka, $|t_{hitung}| > t_{tabel}$. Hal ini mengindikasikan bahwa kita menolak hipotesis nol (H_0), dan dengan demikian, Secara individual, setiap variabel independen memengaruhi variabel dependen.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Tabel 5. Hasil uji T

Variabel	*Coefficient*	*p-value*
(*Intercept*)	55,901579	$2{,}2 \times 10^{-16}$
X3	−0,106258	0,004645
X4	−0,244881	$1{,}334 \times 10^{-10}$

Nilai R-squared untuk model regresi data panel yang menggunakan metode Random Effect Model (REM) adalah 0,38729. Ini menunjukkan bahwa variabel X_3 (Rumah Tangga dengan Sanitasi Layak) dan X_4 (Fasilitas Air Minum Layak) dapat menjelaskan variabel tingkat Stunting di Sumatera Utara sebesar 38,72%. Dengan kata lain, 38,72% dari stunting di Sumatera Utara dapat dijelaskan oleh model, sementara 61,28% sisanya dipengaruhi oleh faktor-faktor lain yang tidak dimasukkan pada model.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan berikut dapat diambil. Dari tiga metode regresi data panel yang diteliti, model Random Effect dengan persamaan model sebagai berikut merupakan model yang paling sesuai untuk memodelkan kasus stunting di Provinsi Sumatera Utara periode 2018-2022.

$$STUN_{it} = 55{,}902 - 0{,}106X_{3it} - 0{,}245X_{4it}$$

Dari persamaan di atas diketahui bahwa nilai intercept sebesar 55,902, artinya Ketika nilai X_3 dan X_4 adalah 0, nilai Y (Stunting) diperkirakan sebesar 55,902. Selanjutnya nilai koefisien variabel X_3 (Rumah Tangga Sanitasi Layak) sebesar 0,106 dan bertanda negatif. Artinya semakin tinggi cakupan Keluarga dengan akses ke fasilitas sanitasi yang layak maka diharapkan tingkat kasus stunting menurun atau setiap peningkatan satu satuan pada variabel X_3 (Rumah Tangga Sanitasi Layak), maka terjadi penurunan nilai Y (stunting) sebesar 0,106, Dimana dengan asumsi bahwa variabel lain konstan. Kemudian nilai koefisien X_4 (Fasilitas Air Minum Layak) sebesar 0,245 dan bertanda negatif. Artinya semakin tinggi cakupan Fasilitas Air Minum Layak maka diharapkan tingkat Stunting menurun atau setiap peningkatan satu satuan pada variabel X_4 (Fasilitas Air Minum Layak), maka terjadi penurunan nilai Y (stunting) sebesar 0,245, Dimana dengan asumsi variabel lainnya konstan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi prevalensi kasus stunting di Provinsi Sumatera Utara meliputi dua variabel utama, yaitu Rumah Tangga Sanitasi Layak (X_3) dan Fasilitas Air Minum Layak (X_4). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua variabel tersebut memiliki pengaruh negatif terhadap stunting. Dengan kata lain, peningkatan rumah tangga sanitasi layak dan akses terhadap fasilitas air minum yang layak berhubungan dengan penurunan tingkat stunting di wilayah tersebut. Kualitas sanitasi yang baik dan akses ke air minum yang layak dianggap sebagai faktor penting dalam mengurangi risiko stunting, mengindikasikan bahwa perbaikan dalam kedua aspek ini dapat berkontribusi signifikan terhadap penurunan prevalensi stunting.

DAFTAR PUSTAKA

Aprilianti, R., Claudio Messakh, G., Nur Asiah, S., Andi Nohe, D., Matematika, J., & Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F. (2022). Prosiding Seminar Nasional Matematika, Statistika, dan Aplikasinya Terbitan II.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Asmoyo, O. K., & Ratnasari, V. (2022). Pemodelan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Persentase Stunting pada Balita di Indonesia dengan Pendekatan Regresi Data Panel. Jurnal Sains Dan Seni ITS, 11(3). https://doi.org/10.12962/j23373520.v11i3.80908

Brooks, C. (2008). Introductory Econometrics for Finance 2nd Edition. New York: Cambridge University Press.

Gamayanti, N. F., & Junaidi, J. (2021). Pemodelan Hasil Produksi Padi Di Provinsi Sulawesi Tengah Menggunakan Fixed Effect Model (Fem). barekeng: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan, 15(2), 347–354. https://doi.org/10.30598/barekengvol15iss2pp347-354

Gujarati, D & Porter, D (2009). Basic Econometrics (5th ed). New York : McGraw-Hill.

Hanifah, N. A., & Stefani, M. (2022). Hubungan Pernikahan Usia Dini dengan Angka Kejadian Stunting pada Balita di Kelurahan Mekarsari. Jurnal Gizi Ilmiah (JGI), 9(3), 32 - 41. https://doi.org/10.46233/jgi.v9i3.819

Hidayati, N., Fransiska, H., & Agwil, W. (2023). Poverty panel data modeling in south sumatera. Barekeng: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan, 17(3), 1203–1214. https://doi.org/10.30598/barekengvol17iss3pp1203-1214

Liza Syarifah.2023. Hasil Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) 2022: Jakarta

Pemerintah Sumatera Utara.2023. BKKBN Catat 1.166.929 Keluarga di Sumut Berisiko Stunting, Ijeck Minta Pemda Tingkatkan Peran. www.sumutprov.co.id. https://sumutprov.go.id/artikel/artikel/bkkbn-catat-1-166-929-keluarga-di-sumut-berisiko-stunting-ijeck-minta-pemda-tingkatkan-peran

UNICEF. (2020). *Programming for Nutrition-Specific Interventions*.

UNICEF. (2023). *Low birthweight*.

WHO. (2023). *Exclusive breastfeeding and its impact on child growth*.

World Bank (2020). *Water supply, Sanitation, and hygiene*

Zarkasi, R. N., Sifriyani, S., & Prangga, S. (2021). Identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi indeks pembangunan manusia di kalimantan menggunakan regresi panel. Barekeng: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan, 15(2), 277–282. https://doi.org/10.30598/barekengvol15iss2pp277-282

Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Geometri Menggunakan Newman Error Analysis (NEA) pada Pendekatan Matematika Realistik Di SMP Negeri 43 Medan

Muhammad Rizki Wibowo[1*], Kms. M. Amin Fauzi[2]
[1,2]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author Muhammadrizkiwibowo090200@gmail.com*

Abstrak, Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kesalahan dan penyebab kesalahan siswa SMP Negeri 43 Medan dalam menyelesaikan masalah geometri menggunakan Newman Error Analysis (NEA) dalam pendekatan matematika realistik serta memberikan alternatif solusinya. Metode yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan subjek 20 siswa kelas IX-4 yang mengalami kesalahan dalam menjawab soal berdasarkan kriteria prosedur Newman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kesalahan siswa terjadi pada beberapa tahap, yaitu membaca masalah (4,71%) akibat kurangnya perhatian terhadap teks soal, memahami masalah (12,94%) karena kurangnya pemahaman terhadap penjelasan soal, transformasi masalah (22,35%) akibat kesulitan dalam memahami konsep, memproses masalah (28,82%) karena kurangnya pemahaman terhadap sifat aljabar, serta menulis jawaban akhir (31,18%) karena siswa menganggap kesimpulan tidak penting. Sebagai alternatif solusi, penelitian ini merekomendasikan penggunaan model pembelajaran yang sesuai, pengulangan materi sebelumnya, bimbingan pribadi, ice breaking sebelum pembelajaran, serta penggunaan alat peraga dan media yang lebih baik.
Kata kunci: Kesalahan, Geometri, Newman Error Analysis (NEA), Pendekatan Matematika Realistik.

Abstract, *This study aims to identify the errors and causes of errors made by students at SMP Negeri 43 Medan in solving geometry problems using Newman Error Analysis (NEA) within a realistic mathematics approach and to propose alternative solutions. The research employs a qualitative descriptive method, with 20 ninth-grade students (Class IX-4) as subjects, who encountered errors in answering questions based on Newman's procedural criteria. The findings indicate that students made errors at various stages, including reading the problem (4.71%) due to a lack of attention to the text, understanding the problem (12.94%) due to insufficient comprehension of the question's explanation, transforming the problem (22.35%) due to difficulties in understanding concepts, processing the problem (28.82%) due to a lack of understanding of algebraic properties, and writing the final answer (31.18%) as students perceived conclusions as unimportant. As alternative solutions, this study recommends the use of appropriate learning models, reviewing previous lessons, providing individual guidance, incorporating ice-breaking activities before lessons, and utilizing better teaching aids and media..*
Keywords*: Error, Geometry, Newman Error Analysis (NEA), Realistic Mathematics Approach.*

Citation : Wibowo, M. R. & Fauzi, M. A. (2024). Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Geometri Menggunakan Newman Error Analysis (NEA) Pada Pendekatan Matematika Realistik Di SMP Negeri 43 Medan. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 304 - 315

PENDAHULUAN

Matematika adalah mata pelajaran yang sangat penting pada kegiatan sehari-hari.(Sundayana & Parani, 2023) Matematika merupakan penjabaran dari kegiatan sehari-hari yang dilakukan oleh manusia dalam bentuk angka dan simbol. Dalam cabang ilmu matematika memiliki penjabaran dibeberapa cabang. Salah satu cabang ilmu matematika adalah geometri.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Geometri adalah salah satu materi yang sangat penting dalam pembelajaran di setiap jenjang pendidikan. geometri mempelajari struktur yang membentuk suatu ruang dimensi, misalnya saja titik dan garis. Muslimin & Sunardi (2019) menyatakan geometri merupakan cabang ilmu dari matematika yang di ajarkan dengan tujuan agar siswa dapat memahami sifat-sifat dan hubungan antar unsur geometri. Dalam memecahkan masalah sering memerlukan prinsip atau metode geometri di dalamnya. Misalnya saja pada pembelajaran barisan dan deret. Dapat menggunakan bentuk barisan bangunan konsep segitiga dari korek api atau lidi. Yanti & Haji (2019) menyatakan, geometri adalah bagian matematika yang dekat dengan siswa dan aktifitas kegiatan sosial serta bermasyarakat. Hal ini di karenakan bermacam-macam objek visual berada di sekitar siswa yang merupakan bagian objek dari geometri. Pada pembelajaran geometri diperlukannya suatu pembelajaran ataupun pendekatan pembelajaran yang berhubungan dengan objek dan bentuk. Pendekatatan yang paling sesuai dalam pembelajaran geometri adalah penkekatan matematika realistik.

Pendekatan matematika realistik (PMR) merupakan penekatan pembelajaran matematika yang dikembangkan Negeri Belanda pada tahun 1971. PMR memandang matematika menjadi keseharian dari siswa. Kegiatan manusia tersebut yang menjadi pembelajaran matematika (Jeheman dkk., 2019). Pembelajaran dengan menggunakan PMR dapat meningkatkan semangat belajar siswa. Hal ini dikarenakan siswa yang memikirkan ide sendiri dengan objek yang sudah terpatri dalam otak mereka. Bukan hanya itu, pembelajaran PMR juga meminimalkan kesalahan siswa dalam menjawab soal. Pernyataan ini dikarenakan siswa yang memahami materi akan memudahkan siswa dalam menjawab soal. Kesalahan berasal dari kata dasar "salah" yang artinya adalah mengerjakan sesuatu tidak atau kurang benar hasilnya. Kesalahan juga dapat diartikan sebagai melenceng dari ketentuan yang sudah ada. Siswa yang melakukan kesalahan jika tidak melakukan tindakan sesuai ketentuan yang sudah di sepakati. Kesalahan ini dapat terjadi pada semua pembelajaran. Kesalahan dapat terjadi didalam pembelajaran geometri, statistika, kalkulus, dan sebagainya. Cara menganalisis kesalahan siswa pada pembelajaran, terkhusus matematika ada beberapa cara. Salah satu cara ini adalah dengan menggunakan Newman Error Analysis (NEA).

Newman Error Analysis (NEA) merupakan suatu metode untuk menganalisis kesalahan-kesalahan siswa. Metode ini di perkenalkan pertama kali pada tahun 1977 oleh M. Anne Newman (Layn & Kahar, 2017). NEA ini memiliki 5 prosedur dalam menganalisis. Prosedur itu adalah Kesalahan Membaca Masalah (*Reading*), Kesalahan Memahami Masalah (*Comprehension*), Kesalahan Menransformasi Masalah (*Transformation*), Kesalahan Memproses Masalah (*Process skill*), Kesalahan Menulis Jawaban Akhir/Kesimpulan (*Endcoding*) (Maharani & Prihatnani, 2019).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif untuk mendeskripsikan kesalahan siswa dalam menyelesaikan soal geometri. Rahayu *dkk.* (2022) menyatakan bahwa penelitian deskriptif kualitatif adalah penggambaran subjek tentang situasi maupun data yang di dapat selama pengamatan dan wawancara sehingga menjadi informasi yang berguna. Penelitian ini memperoleh data dengan hasil pembelajaran siswa memakai pendekatan matematika realistik. Peneliti yang sudah memberikan materi geometri pada siswa, kemudian memberikan soal yang berhubungan dengan materi sebelumnya. Soal-soal yang diberikan masing-masing akan dilakukan analisis dengan indikator pada tabel 1.

Subjek pada penelitian ini adalah siswa SMP Negeri 43 Medan kelas IX berjumlah 20 orang siswa. Setelah itu, mewawancarai 5 siswa diantara 20 siswa yang mengalami kesalahan pada masing

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

masing 5 kriteria Newman Error Analysis (NEA). Objek pada penelitian ini adalah siswa SMP Negeri 43 Medan kelas IX yang mengalami kesalahan dalam NEA dan soal-soal permasalahan geometri. Pengumpulan data menggunakan hasil tes soal dan wawancara. Tes soal yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes tertulis yang berisi 5 soal essay yang telah diuji validitas oleh guru dan dosen. Setelah soal dikoreksi, lalu dipilih 5 siswa menurut prosedur NEA untuk diwawancarai. Setelah dilakukan wawancara, didapatkan penyebab dari kesalahan siswa. Penyebab kesalahan siswa diberikan solusi alternatif dari peneliti untuk mengurangi tingkat terjadinya kesalahan pada pembelajaran kedepannya.

Tabel 1. Indikator dalam menjawab soal

No.	Prosedur Newman	Indikator
1	Membaca Masalah (*Reading*)	Siswa dapat mengerti arti simbol dalam soal.
2	Memahami Masalah (*Comprehension)*	Siswa memahami apa saja yang di ketahui dan di tanya dalam soal.
3	Transformasi Masalah *(Transformation)*	Siswa dapat menyebutkan rumus/pola yang digunakan dalam mengerjakan persoalan.
4	Memproses Masalah *(process skill)*	Siswa dapat menggunakan rumus/pola yang digunakan dalam menjawab persoalan. Serta, dapat memakai berbagai operasi hitung dengan benar.
5	Menulis Jawaban Akhir/Kesimpulan *(endcoding)*	Siswa dapat menuliskan jawaban akhir dan kesimpulan dari persoalan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah 20 siswa mengerjakan soal-soal geometri dengan menggunakan prosedur Newman, hasil jawaban siswa dikoreksi lalu dilakukan analisis. Setelah itu, data lalu diolah sehingga akan menghasilkan data pada tabel 2.

Tabel 2. Data persentase kesalahan siswa menurut prosedur Newman

Tipe kesalahan	Nomor Soal					Total	Persentase
	1	2	3	4	5		
Membaca Masalah (*Reading*)	0	2	0	5	1	8	4,71%
Memahami Masalah (*Comprehension*)	4	3	4	8	3	22	12,94%
Transformasi Masalah (*Transformation*)	8	5	7	10	8	38	22,35%
Memproses Masalah (*Process skill*)	10	8	8	11	12	49	28,82%
Menulis Jawaban Akhir/Kesimpulan (*Endcoding*)	11	10	8	11	13	53	31,18%
Total	33	28	34	47	40	170	100%

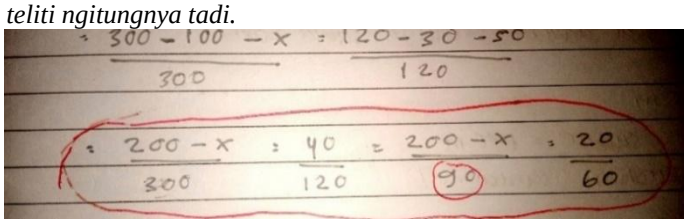
Berdasarkan dari tabel 2 dapat disimpulkan bahwa, kemungkinan terjadinya kesalahan terbesar ada pada Endcoding yaitu 31,18%. Sedangkan yang lainnya memiliki kemungkinan kesalahan yaitu: membaca masalah reading sebanyak 4,71% kesalahan, comprehension sebanyak 12,94% kesalahan, transformation sebanyak 22,35% kesalahan, dan Process skill sebanyak 28,82% kesalahan. Hasil jawaban tes soal siswa yang sudah dikoreksi, kemudian peneliti menampilkan letak kesalahan-kesalahan siswa yang terjadi menurut prosedur Newman. Setelah mengetahui letak kesalahan dari jawaban siswa, peneliti mewawancarai 5 siswa tersebut. Berikut adalah hasil jawaban 5 siswa yang mengalami kesalahan yang dipilih oleh peneliti menurut prosedur newman dan hasil wawancara siswa tersebut.

Kesalahan yang dilakukan oleh siswa SA ini adalah bagian memproses masalah dan mentransformasikan masalah. Kesalahan yang dilakukan siswa ada pada gambar 1. Gambar 1 merupakan hasil jawaban siswa SA pada nomor soal 1. Jawaban siswa SA di atas menuliskan sudah tepat menuliskan penyebut pada pecahan sebelah kanan 300. Setelah Langkah selanjutnya, siswa SA mencoba menyederhanakan pecahan yang terletak di sebelah kanan persamaan. Proses

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

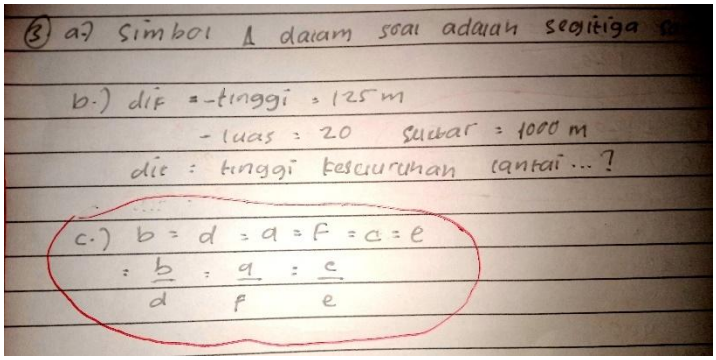
penyederhanaan pecahan pada bagian kanan sudah tepat, namun siswa mengganti angkanya menjadi 90 di sebelah kiri yang seharusnya tidak ada perubahan angka. Sehingga siswa mengalami kesalahan pada proses memproses masalah. Untuk mengetahui faktor penyebab terjadinya kesalahan memproses masalah, siswa SA dilakukan wawancara. Berikut ini adalah hasil dari wawancara tersebut:

P : Dapat dari dari mana dapet angka 90 yang abang lingkarin ini nak?
SA : Karena di sebelah ini di bagi dua atas sama bawahnya pak ($\frac{40}{120}$) itu juga saja kecilin jadi 90.
P : Ini tidak bisa gini ya nak. Kalau yang $\frac{40}{120}$ ini namanya penyederhanaan pecahan bisa tapi kalok yang $\frac{200-x}{300}$ ini tidak bisa di ubah-ubah dulu.
SA : Baik pak.
P : Dan ini kok 300-100-50 = 120 kan hanturan 150?
SA : Maaf pak kurang teliti ngitungnya tadi.



Gambar 1. Kesalahan dalam memproses masalah siswa SA

Berdasarkan hasil wawancara siswa di atas, siswa SA tidak teliti dalam menghitung dan kurang dalam memahami sifat dari pecahan. Siswa SA juga mengalami kesalahan pada proses mentransformasi permasalahan (*Transformation*). Kesalahan yang dilakukan siswa ada pada gambar 2.



Gambar 2. Kesalahan dalam mentransformasi masalah siswa SA

Gambar 2 merupakan hasil jawaban siswa SA pada nomor soal 3. Jawaban siswa SA tidak menuliskan apa itu a,b,c,d,e, ataupun f. Hasil jawaban juga dapat terlihat bahwa siswa tidak memahami kesebangunan kedua segitiga dalam persoalan nomor 3 tersebut. Untuk mengetahui faktor penyebab terjadinya kesalahan mentransformasi masalah, siswa SA dilakukan wawancara. Berikut ini adalah hasil dari wawancara tersebut:

P : Berikutnya coba jelaskan bagaimana cara kamu mengerjakan bagian B nomor 3 ini nak?
SA : pertama cari perbandingan segitiganya yaitu b : d = a : f = c : e sama dengan $\frac{b}{d} = \frac{a}{f} = \frac{c}{e}$. Begitu cara saya mengerjakannya pak.
P : Kalau begitu apa itu a,b,c,d,e,f nak? Kenapa tiba-tiba ada itu tanpa ada keterangan apa itu a,b,c,d,e,f nya?
SA : Maaf pak, saya liat buku sama catatan. Jadi saya buat aja jalannya sama dengan yang itu.
P : Lain kali liat contoh yang pernah bapak jelaskan ya nak. Dan sesuaikan cara ngerjainnya.

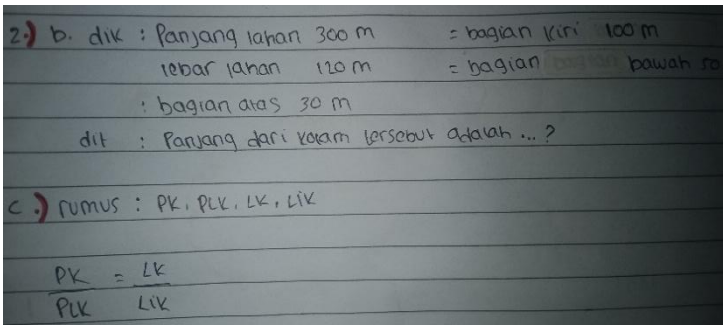
Berdasarkan hasil wawancara siswa di atas, siswa SA tidak memahami rumus untuk menjawab persoalan tersebut. Oleh karena itu, siswa SA mengalami kesalahan pada prosedur Newman tahap mentransformasikan masalah.

Kesalahan yang dilakukan oleh siswa FH ini adalah pada bagian mentransformasi masalah dan menuliskan jawaban akhir. Kesalahan yang dilakukan siswa dapat dilihat pada gambar 3. Pada

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

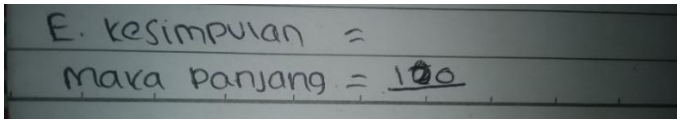
gambar 3 siswa mencoba menjawaban pertanyaan soal nomor satu. Siswa menuliskan rumus yang akan digunakan PK, PLK, LK, LLK yang tidak ada menulis perbandingan di awal. Siswa FH awalnya menuliskan PK,PLK,LK,LLK yang dipisahkan dengan tanda koma. Hal ini yang menyebabkan kesalahan dalam menuliskan penggunaan rumus yang digunakan. Bukan hanya itu, siswa FH juga menuliskan singkatan tanpa keterangan tambahan, yang menyebabkan bingungnnya apa arti dari PK serta yang lain. Untuk mengetahui faktor penyebab terjadinya kesalahan mentransformasi masalah, siswa FH dilakukan wawancara. Berikut ini adalah hasil dari wawancara tersebut:

P : Coba jelaskan dulu cara kamu mengerjakan dibagian c nomor 1 nak. Kenapa kamu menggunakan cara ini?
FH: Karena cara yang saya liat dalam catatan pak.
P : Contoh di buku sama di soal memang sama dan cara mengerjakannya sama. Tapi perhatikan soal dan catatannya ya nak. Serta liat jugak catatan kawannya supaya betul catatannya.
FH: Oke bang



Gambar 3. Kesalahan dalam mentransformasi masalah siswa FH

Berdasarkan hasil wawancara siswa di atas, siswa FH tidak memahami rumus untuk menjawab persoalan tersebut. Oleh karena itu, siswa FH mengalami kesalahan pada prosedur Newman tahap mentransformasikan masalah. Bukan hanya itu, siswa FH juga tidak memahami sifat dari persamaan, dimana siswa FH menuliskan persamaan sesuka hatinya. Hal ini yang menyebabkan siswa mengalami kesalahan dalam mentransformasi masalah dalam soal. Siswa FH juga mengalami kesalahan pada proses menulis jawaban akhir. Kesalahan yang dilakukan siswa ada pada gambar 4.



Gambar 4. Kesalahan dalam menulis jawaban akhir siswa FH

Kesalahan yang ada pada gambar 4 adalah siswa yang tidak menuliskan keterangan lebih lanjut panjang tersebut. Siswa seharusnya menuliskan bahwa panjang kolam tersebut tidak hanya menuliskan panjang. Tidak hanya itu, siswa tidak menuliskan satuan panjang pada hasil. Siswa seharusnya menulis 100 m atau 100 meter dalam jawaban akhir. Untuk mengetahui faktor dari penyebab siswa FH mengalami kesalahan dalam tahapan menulis jawaban akhir, maka siswa FH dilakukan wawancara. Berikut adalah hasil dari wawancara siswa FH dalam tahap menulis jawaban akhir:

P : Nomor satu ini perhitungannya sudah tepat, tapi kok tidak disebutkan satuannya apa sama tidak di jelaskan panjang apa?
FH: Maaf pak lupa nulisnya. Kan yang penting jawabannya betul pak.
P : Jawabannya sih bener, tapi kalau tidak di jelaskan bagian poin e ini dengan betul bisa salah. Soalnya kalau Cuma bilang maka Panjang = 100 orang nanti bingung Panjang apa atau 100 apa. Bisa aja 100 cm, 100m atau 100 km.
FH: Maaf pak lain kali saya perhatikan lagi.

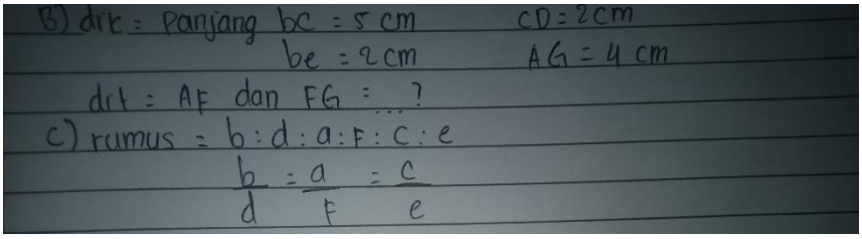
Berdasarkan hasil wawancara siswa di atas, siswa FH tidak memahami rumus untuk menjawab persoalan tersebut. Oleh karena itu, siswa FH mengalami kesalahan pada prosedur Newman tahap

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

mentransformasikan masalah. Bukan hanya itu, siswa FH juga tidak memahami sifat dari persamaan, dimana siswa FH menuliskan persamaan sesuka hatinya.

Kemudian kesalahan yang dilakukan oleh siswa NC ini adalah pada bagian mentransformasi permasalahan dan memahami masalah. Kesalahan yang dilakukan siswa dapat dilihat di gambar 5. Kesalahan siswa NC yang ada pada gambar 5 adalah siswa NC yang mentransformasi permasalahan dengan tidak sesuai. Pada apa yang dituliskan pada proses memahami masalah dituliskan BE, BC, CD, AG, AF dan FG. Sedangkan pada saat siswa mentransformasi masalah, siswa menuliskan a,b,c,d,e dan f. Bukan hanya itu, siswa NC juga menuliskan b : d : a : f : c : e. Siswa NC tidak membedakan penulisan banding dengan sama dengan. Sehingga siswa NC mencampur menjadi satu membuat peneliti bingung dalam mengoreksi hasil jawaban. Untuk mengetahui faktor dari penyebab siswa NC mengalami kesalahan dalam tahapan mentransformasi masalah, maka siswa NC dilakukan wawancara. Berikut adalah hasil dari wawancara siswa NC dalam tahap mentransformasi masalah:

P : Coba jelaskan dulu cara kamu mengerjakan dibagian c nomor 4 nak.
NC: rumus yang digunakan untuk mengerjakan nomor 4 adalah b : d : a : f : c : e dan diubah dalam pecahan menjadi $\frac{b}{d} = \frac{a}{f} = \frac{c}{e}$
P : Itu salah dek, kalau mau kamu buat b : d : a : f : c : e jadi hasilnya $\frac{\frac{b}{d}}{\frac{\frac{a}{f}}{\frac{c}{e}}}$ *mangkanya itu ngak bisa gitu, harus ada sama dengan dengan ubah begini. b : d = a : f = c : e. Baru bener. Dari mana kamu dapat rumus begini?*
NC: Saya dapat dari catatan saya pak.
P : Nanti buat catatan yang bener dan cari jawaban kawan kamu yang bener ya. Selanjutnya apa itu b, d, a, f, c, e yang di rumus? Kenapa ngak ada keterangannya?
NC: Saya juga dapatmya dari catatan pak, saya kira cara ngerjainnya rumusnya sama.
P : Rumusnya sama ya nak, tapi perbandingannya di lihat dalam soalnya. Perbandingan kesebangunannya yang berbeda, paham?
NC: Paham pak.



Gambar 1. Kesalahan dalam mentransformasi masalah siswa NC

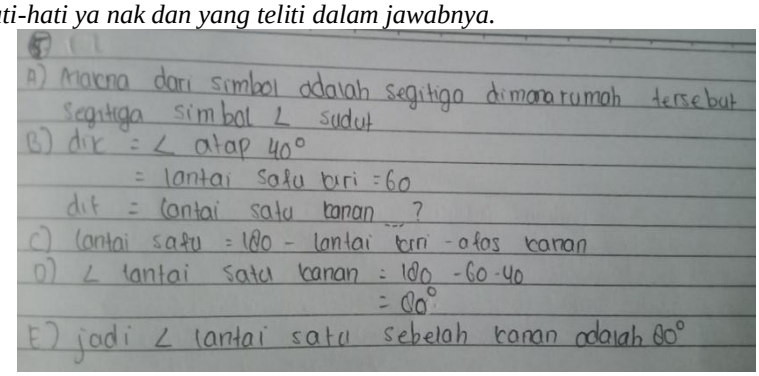
Berdasarkan hasil wawancara siswa di atas, siswa NC tidak memahami rumus untuk menjawab persoalan tersebut. Oleh karena itu, siswa NC mengalami kesalahan pada prosedur Newman tahap mentransformasikan masalah. Bukan hanya itu, siswa NC juga tidak memahami sifat dari persamaan, dimana siswa NC menuliskan persamaan sesuka hatinya. Siswa NC juga mengalami kesalahan pada proses memahami masalah dan menulis jawaban akhir pada soal tes nomor lima.

Pada gambar 6 di atas, siswa menuliskan bahwa yang ditanyakan dalam soal hanya satu, yaitu lantai satu kanan. Soal yang diberikan kepada siswa menjelaskan bahwa nomor lima siswa juga diperintahkan mencari jawaban sudut dari lantai dua kanan dan kiri. Untuk mengetahui faktor dari penyebab siswa NC mengalami kesalahan dalam tahapan memahami masalah, maka siswa NC dilakukan wawancara. Berikut adalah hasil dari wawancara siswa NC dalam tahap memahami masalah:

P : Nomor lima bagian b nya. Kenapa kamu cuma tuliskan yang ditanya sudut lantai satu kanan? Kan ada lantai dua sebelah kiri dan kanan jugak ditanyak?
NC: Saya ngak teliti pas liat gambar dan liat apa aja yang ditanya pak. Saya hanya nulis semua yang diketahui aja.

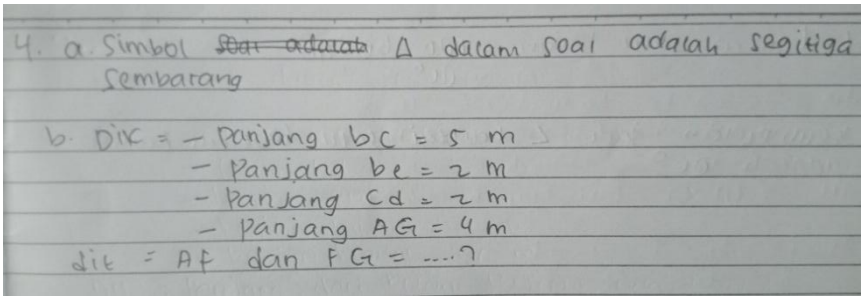
© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

P : Baik, lain kali hati-hati ya nak dan yang teliti dalam jawabnya.



Gambar 2. Kesalahan dalam memahami masalah siswa NC

Berdasarkan hasil wawancara siswa di atas, siswa NC tidak memahami teliti dalam membaca keseluruhan soal. Oleh karena itu, siswa NC mengalami kesalahan pada prosedur Newman tahap memahami masalah.



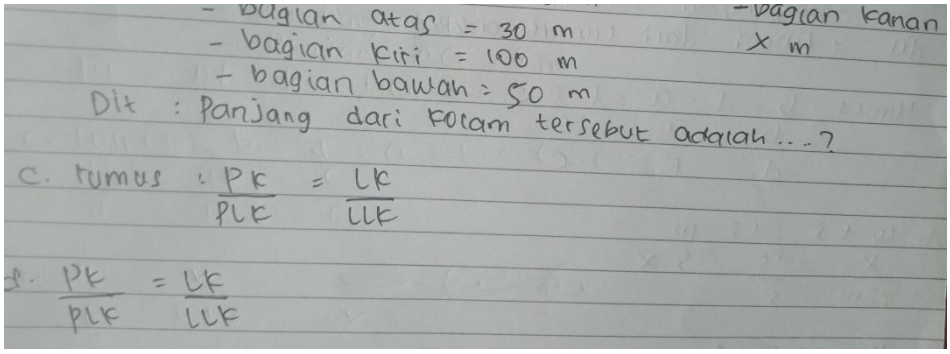
Gambar 3. Kesalahan dalam membaca masalah siswa SZ

Kesalahan yang dilakukan oleh siswa SZ ini adalah pada proses membaca masalah dan transformasi masalah. Kesalahan yang dilakukan siswa dapat dilihat di Gambar 7. Kesalahan siswa NC pada gambar 7 adalah siswa yang menuliskan simbol △ berarti segitiga sembarang. Segitiga dalam soal belum tentu segitiga sembarang, sehingga tidak dapat disebutkan segitiga sembarang sampai AF didapatkan. Sementara itu dari gambar juga tidak menunjukkan segitiga berbentuk segitiga sembarang. Siswa juga tidak menuliskan arti simbol □ pada membacakan masalah. Siswa hanya menulis arti dari satu simbol, sementara simbol lain tidak. Untuk mengetahui faktor penyebab terjadinya kesalahan prosedur Newman tahap membaca masalah, siswa SZ diwawancarai. Berikut ini adalah hasil dari wawancara tersebut:

P : Kenapa bagian a nomor 4 kamu tidak jawab arti simbol segi empatnya nak?
SZ : Saya pada saat bacanya kelewat pak, jadi saya ngak Nampak, jadinya ngak saya tulis.
P : Baiklah. Selanjutnya kenapa ini kamu tulis segitiga sembarang?
SZ : Karena bentuknya mirip kayak segitiga sembarang pak.
P : Segitiga ini kita ngak bisa sebut sembarang sampek semua sisinya ketemu ya nak. Jadi arti dari simbol ini cukup kamu tulis segitiga aja.
SZ : Baik pak.

Berdasarkan hasil wawancara siswa di atas, siswa SZ tidak memahami teliti dalam membaca keseluruhan soal. Oleh karena itu, siswa SZ mengalami kesalahan pada prosedur Newman tahap membaca masalah. Bukan hanya itu, siswa SZ juga tidak mengetahui ciri-ciri segitiga. Sehingga siswa SZ salah dalam menjabarkan jenis segitiga. Kesalahan lain yang dilakukan siswa SZ ada pada gambar 7.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan



Gambar 4. Kesalahan dalam transformasi masalah siswa SZ

Kesalahan yang dilakukan siswa SZ pada gambar 8 sama dengan kesalahan FH pada gambar 8 di atas. Kesalahan ini menuliskan singkatan PLK ataupun yang lainnya tanpa menjelaskan kepanjangannya. Hal ini menyebabkan tidak mengertinya apa itu PLK, LK, PK dan LLK. Untuk mengetahui faktor dari penyebab siswa SZ mengalami kesalahan dalam tahapan mentransformasi masalah, maka siswa SZ dilakukan wawancara. Berikut adalah hasil dari wawancara siswa SZ dalam tahap mentransformasi masalah:

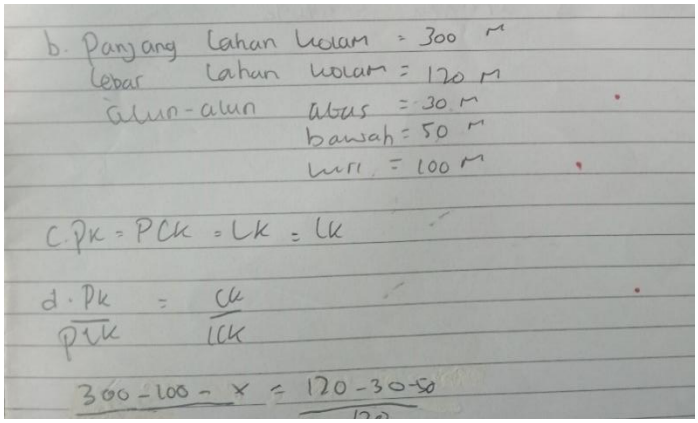
P : Berikutnya, apa arti dari PLK, PK, LK dan LLK ini nak?
SZ : PLK ini adalah panjang lahan kolam, PK ini Panjang kolam, LK ini Panjang lahan kolam, dan LLK ini lebar lahan kolam.
P : Kenapa kamu buat singkatan tiba-tiba. Kan diatasnya ngak ada singkatan?
SZ : Maaf pak saya liat enakkan disingkat pas nulis rumusnya.
P : Ok tapi lain kali buat keterangannya di atas atau dibuat dibagian b nya misalnya ini diketahui Panjang Lahan (PLK) = 300 m gini ya nak.

Berdasarkan hasil wawancara siswa di atas, siswa SZ tidak tidak memahami persamaan dalam mengerjakan soal. Siswa SZ hanya menuliskan apa yang ada dalam buku persamaan. Siswa SZ tidak memahaminya terlebih dahulu. Hal inilah yang menyebabkan siswa SZ mengalami kesalahan pada tahap mentransformasi masalah.

Kesalahan menurut prosedur Newman yang dilakukan oleh siswa JP ini adalah pada bagian memahami masalah dan mentransformasi masalah. Kesalahan yang dilakukan siswa ada pada gambar 9. Pada gambar 9 dapat dilihat bahwa siswa JP tidak menuliskan apapun yang ditanyakan dalam soal. Siswa hanya menuliskan apa saja yang diketahui dalam soal. Tidak hanya itu, pada gambar di atas juga menampilkan bahwa siswa dalam proses mentransformasi masalah masih ada mengalami kesalahan. Kesalahan menulis PK, PLK, LK, dan LLK tanpa keterangan tambahan. Bukan hanya itu, JP juga asal membuat persamaan PK = PLK = LK = LK. Ini tidak ada dalam soal dan membuat kesalahan ini terjadi. Untuk mengetahui faktor dari penyebab siswa JP mengalami kesalahan dalam tahapan memahami masalah dan mentransformasi masalah, maka siswa JP dilakukan wawancara. Berikut adalah hasil dari wawancara siswa JP:

P : Coba kamu liat nomor 1 bagian a. Kenapa kamu tidak menuliskan apa yang ditanya?
JP : Maaf pak saya lupa menuliskannya.
P : Kenapa kamu tidak menuliskan semua yang diketahui?
JP : Saya tadi buru-buru nulisnya pak.
P : Apa arti PK, PLK, LK, LK dan LLK?
JP : Saya ngak tau pak. Saya dapet singkatannya dari temen saya.
P : Kenapa kamu nulis PK = PLK = LK = LK gini?
JP : Karena memang gini rumusnya menurut saya pak.
P : Ini ada di contoh soal loh, nak.
JP : Maaf pak tidak mencatat waktu itu.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan



Gambar 5. Kesalahan dalam memahami masalah dan transformasi masalah siswa JP

Berdasarkan hasil dari wawancara di atas, siswa JP mengalami kesalahan karena menyalin hasil teman dan tidak memperhatikan jawaban temannya. Siswa JP mengakui hasil jawaban didapatkan dari temannya juga menuliskan sebagian hasil temannya tidak lengkap. Kesalahan siswa JP ini disebabkan oleh siswa JP yang tidak memperhatikan materi pada saat peneliti menjelaskan.

Berdasarkan kesalahan-kesalahan yang terjadi dengan NEA di atas, kesalahan yang sering terjadi ada pada tahap menuliskan jawaban akhir. Hal ini didukung oleh safitri dkk (2019) yang menyatakan bahwa salah satu kesalahan yang sering terjadi adalah menuliskan jawaban akhir. Ningsih dkk (2021) menyatakan bahwa penyebab dari paling seringnya kesalahan penulisan jawaban akhir adalah karena terjadinya kesalahan pada tahap sebelumnya. Siswa juga mengaggap bahwa jika sudah menemukan jawaban, maka selesai. Siswa tidak menuliskan penjelasan lain. Sedangkan tahap paling terkecil adalah tahap membaca masalah. Hal ini dipengaruhi oleh siswa yang malas dalam membaca soal secara keseluruhan. Kesalahan yang siswa di dalam tahap masalah disebabkan oleh siswa yang belum terbiasa menuliskan informasi dalam soal. Siswa yang hanya menyebutkan sebagian penjelasan diketahui atau penjelasan yang ditanyakan. Siswa tidak memperhatikan penjelasan soal dengan baik, sehingga siswa hanya menuliskan sebagian apa-apa yang diketahui dan ditanyakan dalam soal.

Penyebab siswa mengalami kesalahan pada tahap mentransformasi masalah adalah siswa yang tidak sepenuhnya memahami soal dengan baik. Siswa yang tidak sempurna memahami soal dengan baik akan membingungkan siswa dalam memakai rumus atau mengubah soal ke dalam bentuk matematika. Penyebab lain siswa yang mengalami kesalahan adalah siswa yang tidak sepenuhnya mengerti pada materi. Siswa yang tidak mengerti sepenuhnya menyebabkan siswa yang tidak dapat mengubah permasalahan kedalam bentuk matematika. Tahapan terakhir adalah tahapan memproses masalah. Kesalahan yang siswa alami di dalam tahap ini adalah siswa yang tidak memahami aljabar dengan baik. Siswa yang tidak terlalu memahami dengan pecahan, pembagian, perkalian dan sebagainya dengan baik akan menyebabkan salah dalam perhitungan.

Kesalahan-kesalahan ini dapat diminimalkan dengan melakukan diberikan solusi. Solusi alternatif yang diberikan adalah menggunakan model pembelajaran yang sesuai, Model pembelajaran adalah salah satu faktor yang berpengaruh dalam kegiatan pembelajaran. Model pembelajaran yang sesuai akan menambah pemahaman siswa tentang materi. Sari dkk (2022) menyatakan bahwa untuk mengatasi kurangnya siswa dalam pemahaman konsep matematika, model pembelajaran Conceptual Understanding Procedures (CUPs). Pembelajaran CUPs adalah pembelajaran dituntut untuk membaca, mengamati, lalu mengadakan eksperimen atau melakukan kegiatan tanya jawab.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Sedangkan Yunita dkk (2020) menyatakan bahwa model pembelajaran *Team Games Tournament* (TGT) adalah model pembelajaran yang sesuai dalam pembelajaran matematika. Pembelajaran yang bersaing dalam team dapat meningkatkan motivasi, pemahaman dan ketelitian siswa dalam pembelajaran. Hal ini dikarenakan persaingan dalam bentuk permainan dalam menjawab persoalan. Dari dua pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran yang berbeda-beda dalam pembelajaran dapat mempengaruhi pembelajaran. Hal ini juga dapat meningkatkan pemahaman, motivasi dan ketelitian siswa.

Kemudian alternatif lain adalah membahas singkat pembelajaran yang sudah lewat, siswa sering lupa dalam pembelajaran yang sudah dilewati. Padahal dalam pembelajaran yang baru juga memerlukan materi pembelajaran yang sudah lewat ini. Misalnya dalam pembelajaran geometri ini ada terkandung sifat-sifat pecahan yang ada. Siswa yang sudah lupa mengenai pecahan tidak akan mampu dalam menyelesaikan permasalahan geometri. Hasil dari itu siswa akan mengalami kesalahan dalam menjawab permasalahan. Karena itu, hal ini penting membahas materi-materi yang sudah dipelajari siswa

Melakukan bimbingan pribadi juga menjadi alternatif, siswa tidak semua mudah dalam menangkap pelajaran. Siswa tertentu ada yang sudah melakukan segala sesuatu, namun tidak terlalu mengerti dalam pembelajaran. Hal ini memerlukan bimbingan per individu agar siswa yang kurang mengerti dapat mengikuti pembelajaran. Kemudian. Selanjtnya melaksanakan ice breaking sebelum kegiatan pembelajaran, ice breaking biasanya dilakukan oleh guru sebelum pembelajaran atau ditengah pembelajaran untuk mengubah suasana kelas menjadi santai. Ice breaking dapat dilakukan beberapa cara, bisa berdiri duduk dan sebagainya. M.Pranata dkk (2021) menyatakan bahwa penggunaan ice breaking sangat bermanfaat dalam pembelajaran. Pembelajaran akan semakin menarik dan menyenangkan. Pembelajaran yang menyenangkan akan menarik minat dan memotivasi siswa.

Alternatif tambahan menggunakan alat peraga dalam pembelajaran dan media yang lebih baik. Media pembelajaran dan alat pembelajaran yang digunakan oleh guru sangat penting dalam proses pembelajaran. Menggunakan media dan alat peraga yang tidak cocok dalam pembelajaran akan mengakibatkan pembelajaran tidak berjalan sesuai dengan tujuan. Martiani & Ratu (2022) menyatakan bahwa media pembelajaran adalah salah satu inti yang mampu mendukung proses belajar mengajar. Media pembelajaran yang menarik akan menarik motivasi dan minat siswa untuk mempelajari materi yang disampaikan oleh guru, sehingga akan memudahkan siswa dalam memahaminya. Anwar dkk (2019) juga mengatakan bahwa media pembelajaran yang sesuai akan meningkatkan minat dan meningkatkan kualitas belajar matematika siswa. Selain dari media pembelajaran, alat peraga tidak kalah penting dalam pembelajaran matematika terkhusus materi geometri. Naja dkk (2022) menyatakan bahwa alat peraga yang dibarengi dengan model pembelajaran pemecahan masalah akan meningkatkan hasil belajar siswa. Jika guru menggunakan alat peraga yang sesuai, siswa akan berpikir kritis dan lebih kreatif dalam pembelajaran.

Berdasarkan dari pendapat di atas, disimpulkan bahwa perlunya alat peraga dibarengi dengan media pembelajaran yang tepat dalam melakukan pembelajaran matematika. Pembelajaran yang menggunakan alat peraga dan media pembelajaran yang tepat akan meningkatkan motivasi, konsentrasi, dan kualitas belajar siswa.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

KESIMPULAN

Berdasarkan penjelasan hasil analisis dan pembahasan tentang analisis kesalahan siswa dalam menyelesaikan masalah geometri menggunakan Newman Error Analysis (NEA) pada pendekatan matematika realistik di SMP Negeri 43 Medan, maka dapat disimpulkan bahwa kesalahan siswa yang paling sering adalah pada tahap menulis jawaban akhir/kesimpulan. Hal ini disebabkan oleh kesalahan yang terjadi pada tahap membaca masalah, memahami masalah, mentransformasi masalah, dan tahap memproses masalah. Penyebab siswa mengalami kesalahan pada tahap membaca masalah disebabkan oleh siswa yang menganggap remeh teks dan tidak membaca keseluruhan. Siswa hanya melihat keterangan gambar tanpa membaca keseluruhan simbol dan teks. Penyebab siswa mengalami kesalahan pada tahap memahami masalah disebabkan oleh siswa adalah siswa yang tidak memperhatikan penjelasan soal dengan baik, sehingga siswa hanya menuliskan sebagian apa-apa informasi dalam soal. Siswa mengalami kesalahan pada tahap mentransformasi masalah disebabkan oleh siswa yang tidak memahami soal dengan baik dan siswa yang tidak sepenuhnya mengerti pada materi. Penyebab siswa mengalami kesalahan pada tahap memproses masalah disebabkan oleh siswa yang tidak memahami sifat aljabar dengan baik. Siswa mengalami kesalahan pada tahap menulis jawaban akhir/kesimpulan disebabkan oleh siswa yang menganggap hasil kesimpulan jawaban tidak penting, sehingga tidak menuliskan kesimpulan secara lengkap dan siswa yang salah pada tahap lainnya. Alternatif solusi yang diberikan untuk mengurangi kesalahan yang sama terjadi pada pembelajaran geometri adalah: Menggunakan model pembelajaran yang sesuai, Membahas singkat pembelajaran yang sudah lewat, Melakukan bimbingan pribadi, Melaksanakan ice breaking sebelum kegiatan pembelajaran, dan Menggunakan alat peraga dalam pembelajaran dan media yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada bapak Dr. Kms. Amin Fauzi, M.Pd selaku pembimbing skripsi yang membina dan membimbing penelitian ini agar lebih baik. Juga kepada ibu Dr. Izwita Dewi, M.Pd, bapak Elmanani Simamora, M.Si, dan ibu Nice Rejoice Refisis, S.Pd, M.Stat selaku penguji dalam melakukan penelitian ini. Serta bapak ibu staf dan pengurus Universitas Negeri Medan yang membantu dalam pengurusan surat izin dan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Anwar, M. S., Choirudin, Ningsih, E. F., Dewi, T., & Maseleno, A. (2019). Developing an Interactive Mathematics Multimedia Learning Based on Ispring Presenter in Increasing Students' Interest in Learning Mathematics. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, *10*(1), 135–150. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24042/ajpm.v10i1.4445

Jeheman, A. A., Gunur, B., & Jelatu, S. (2019). Pengaruh Pendekatan Matematika Realistik terhadap Pemahaman Konsep Matematika Siswa. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, *8*(2), 191–202. https://doi.org/10.31980/mosharafa.v8i2.454

Layn, M. R., & Kahar, M. S. (2017). Analisis Kesalahan Siswa Dalam Menyelesaikan Soal Cerita Matematika. *Jurnal Math Educator Nusantara (JMEN)*, *3*, 59 – 145.

Maharani, A. F., & Prihatnani, E. (2019). Newman ' S Error Analysis Dalam Geometri Ruang. *Jurnal Cendekia*, *03*(02), 447–461.

Marthani, G. Y., & Ratu, N. (2022). Media Pembelajaran Matematika Digital "BABADA" pada Materi Kesebangunan Bangun Datar. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, *11*(2), 305–316.

Muslimin, & Sunardi. (2019). Analisis Kemampuan Penalaran Matematika Siswa SMA Pada Materi

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Geometri Ruang. *Kreano, Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif*, *10*(2), 171–178. https://doi.org/10.15294/kreano.v10i2.18323

Naja, F. Y., Mei, A., & Sa'o, S. (2022). Pembelajaran Berbasis Problem Based Learning Berbantu Alat Peraga Pada Materi Geometri SMP Kelas VII. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, *11*(4), 3469–3476. https://doi.org/https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.6126

Ningsih, W., Rohaeti, E. E., & Maya, R. (2021). Analisis Kesalahan Siswa Dalam Mengerjakan Soal Aritmatika Sosial Berdasarkan Tahapan Newman. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, *4*(1), 177–184. https://doi.org/10.22460/jpmi.v4i1.177-184

Pranata, M. sofyan adi, Susanti, R. ayu, & Jannah, Q. (2021). The Effectiveness Of Ice Breaking To Increase Students' Motivation In Learning English. *IJOEEL*, *3*(1), 31–38.

Rahayu, R., Rosita, R., Rahayuningsih, Y. S., Hernawan, A. H., & Prihantini. (2022). Implementasi Kurikulum Merdeka Belajar di Sekolah Penggerak. *BASICEDU*, *6*(4), 6313–6319. https://doi.org/https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i4.3237

Safitri, F. A., Sugiarti, T., & Hutama, F. S. (2019). Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Cerita Bangun Datar Berdasarkan Newman's Error Analysis (NEA). *Profesi Keguruan*, *5*(1), 42–49.

Sari, F. Y., Supriadi, N., & Putra, R. W. Y. (2022). Model PembelajaranCUPs Berbantuan Media Handout: Dampak terhadap Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis ditinjau dari Gaya Kognitif. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, *11*(1), 95–106. https://doi.org/https://doi.org/10.31980/mosharafa.v11i1.690

Sundayana, R., & Parani, C. E. (2023). Analyzing Students' Errors in Solving Trigonometric Problems Using Newman's Procedure Based on Students' Cognitive Style. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, *12*(1), 135–144. https://doi.org/10.31980/mosharafa.v12i1.762

Yanti, D., & Haji, S. (2019). Studi Tentang Konsep-Konsep Transformasi Geometri Pada Kain Besurek Bengkulu. *JNPM (Jurnal Nasional Pendidikan Matematika)*, *3*(2), 265–280. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33603/jnpm.v3i2.1744

Yunita, A., Juwita, R., & Kartika, S. E. (2020). Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Teams Games Tournament terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, *9*(1), 23–34. https://doi.org/https://doi.org/10.31980/mosharafa.v9i1.589

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Implementasi Metode Shannon-Runge-Kutta-Gill dalam Model SIR untuk Prediksi Penyebaran COVID-19: Pendekatan Numerik dengan Python

M. Fauzan Hidayat[1*], Yulita Molliq Rangkuti[2], Siti Ananda Budiana Nasution[3], Joel Arie Putranta Ginting[4]

[1,2,3,4,]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*

**Coresponding Author: fauzanhidayat773@gmail.com*

Abstrak, makalah ini pengimplementasian metode Shannon-Runge-Kutta-Gill (SRKG) dalam pemodelan penyebaran penyakit menular menggunakan model Susceptible-Infected-Recovered (SIR). Model SIR, yang memodelkan dinamika populasi rentan, terinfeksi, dan sembuh, diselesaikan secara numerik menggunakan metode SRKG untuk meningkatkan stabilitas dan akurasi perhitungan. Parameter seperti laju infeksi (β) dan laju pemulihan (γ) digunakan dalam simulasi penyebaran COVID-19 selama periode waktu tertentu. Simulasi dilakukan menggunakan pemrograman Python. Hasil simulasi dengan menggunakan Python tersebut menunjukkan pola penurunan populasi rentan, peningkatan populasi sembuh, serta puncak infeksi sesuai dengan karakteristik penyebaran penyakit. Visualisasi 2D dan 3D digunakan untuk menggambarkan perkembangan epidemi, memberikan wawasan penting dalam memahami dinamika penyebaran COVID-19. Artikel ini menunjukkan bahwa metode SRKG menggunakan Python mampu memberikan prediksi yang lebih akurat dan stabil, sehingga dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan dalam mitigasi penyakit menular.

Kata kunci: *SIR, Shannon-Runge-Kutta-Gill, Python, COVID-19.*

Abstract, *this paper implements the Shannon-Runge-Kutta-Gill (SRKG) method in modeling the spread of infectious diseases using the Susceptible-Infected-Recovered (SIR) model. The SIR model, which models the dynamics of susceptible, infected, and resolved, is solved numerically using the SRKG method to improve computational stability and accuracy. Parameters such as the infection rate (β) and recovery rate (γ) are used to simulate the spread of COVID-19 over time. The simulation was carried out using Python programming. The simulation results using Python show a pattern of decreasing susceptible populations, increasing recovered populations, and peak infections according to the characteristics of the spread of the disease. 2D and 3D visualizations are used to illustrate the development of the epidemic, providing essential insights into understanding the dynamics of the spread of COVID-19. This article shows that the SRKG method using Python can provide more accurate and stable predictions so that it can be used to support decision-making in mitigating infectious diseases..*

Keywords: *SIR, Shannon-Runge-Kutta-Gill, Python, COVID-19*

Citation : Hidayat, M. F., dkk. (2024 Implementasi Metode Shannon-Runge-Kutta-Gill dalam Model SIR untuk Prediksi Penyebaran COVID-19: Pendekatan Numerik dengan Python. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 316 – 325

PENDAHULUAN

Sejak awal kemunculannya di Wuhan pada akhir 2019, COVID-19 telah menyebar dengan cepat ke seluruh dunia, mengakibatkan krisis kesehatan global. Di Indonesia, kasus pertama dilaporkan pada Maret 2020, dan sejak saat itu terjadi peningkatan kasus secara signifikan di berbagai wilayah, termasuk Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) Banyak penelitian telah dilakukan untuk memprediksi penyebaran COVID-19, namun hasil prediksi tersebut sering kali bervariasi karena perbedaan pola penyebaran di setiap daerah. Oleh karena itu, model matematika seperti model SIR

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

(Susceptible-Infected-Recovered) digunakan untuk memahami dinamika penyebaran penyakit tersebut(Kusumo & Susyanto, 2020; Sari & Arfi, 2021a; Sindi et al., 2020).

Model Susceptible-Infected-Recovered (SIR) adalah model epidemi dasar yang digunakan untuk memprediksi penyebaran penyakit menular. Model ini menggambarkan populasi yang dibagi ke dalam tiga kelompok, yaitu (Diamtoro et al., 2021). Model SIR yang digunakan dalam penelitian ini dinyatakan sebagai sistem persamaan diferensial berikut (Sari & Arfi, 2021b):

$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI, \tag{1}$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I, \tag{2}$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I, \tag{3}$$

dimana: $S(t)$ adalah jumlah individu yang rentan pada waktu t, $I(t)$ adalah jumlah Individu yang rentan terhadap infeksi pada waktu t, $R(t)$ adalah jumlah Individu yang sembuh dan memiliki kekebalan terhadap penyakit pada waktu t, β adalah laju penularan, dan γ adalah laju pemulihan. Model ini akan digunakan untuk memprediksi perkembangan jumlah individu dalam kategori S, I, dan R selama periode tertentu. Dalam konteks pandemi COVID-19, model ini telah digunakan untuk memprediksi pola penyebaran dan efektivitas berbagai intervensi seperti karantina dan vaksinasi(kusumo & Susyanto, 2020)

Penyelesaia model SIR secara numerik perlu dapat diterapkan. Salah satu metode yang sering digunakan adalah metode Runge-Kutta Orde 4 (RK4), yang terkenal karena akurasi dan stabilitasnya. Namun, pada kasus di mana dinamika penyebaran penyakit bersifat cepat atau kompleks, diperlukan metode yang lebih stabil dan akurat seperti Shannon-Runge-Kutta-Gill (SRKG). Metode SRKG menawarkan stabilitas lebih baik dalam pemecahan persamaan diferensial dengan perubahan non-linear dan cepat, memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan metode RK4 standar (Dewantara et al., 2017)(Cooper et al., 2020).

Simulasi metode ini biasanya menggunakan bantuan perangkat lunak tertentu seperti Matlab, Maple (Side et al. (2018)), Mathematica (Rangkuti et al. (2014)) dan Python (Yoda et al. (2024)), yang telah menyelesaiakan masalah penyebaran penyakit demam berdarah. Python dikembangkan oleh Guido van Rossum pada akhir tahun 1980an dan pertama kali dirilis pada tahun 1991. Van Rossum mengembangkan Python dengan tujuan menciptakan bahasa pemrograman yang mudah dipelajari dan digunakan, namun kuat dan fleksibel untuk menangani berbagai tugas. Python adalah salah satu bahasa pemrograman paling populer saat ini, terutama di kalangan ilmuwan komputer, ilmuwan data, dan insinyur.

Python digunakan untuk implementasi simulasi ini karena fleksibilitas dan kekayaannya dalam library ilmiah. NumPy digunakan untuk perhitungan numerik, dan Matplotlib digunakan untuk visualisasi hasil. Python juga sangat populer di kalangan ilmuwan data dan insinyur karena sintaksisnya yang mudah dipahami dan kemampuannya untuk menangani komputasi skala besar. Library utama yang digunakan dalam simulasi ini meliputi: (a) NumPy: Untuk melakukan perhitungan numerik pada array multi-dimensi dan melakukan operasi dalam matematika menggunakan library NumPy. (b) Matplotlib: Untuk memvisualisasikan hasil simulasi dalam bentuk grafik 2D dan 3D, termasuk plot lintasan $x(t), y(t), z(t)$ serta diagram fase dan lintasan 3D dari ruang fase menggunakan libraby import matplotlib.pyplot as plt dan from mpl_toolkits import mplot3d, (c) pandas: untuk membuat tabel melalui dataframe menggunakan library import pandas as pd.

Salah satu aplikasi umum Python adalah dalam penyelesaian masalah numerik dan simulasi sistem dinamis, seperti sistem Rossler. Banyak studi menggunakan Python untuk menyelesaikan sistem persamaan diferensial dengan berbagai metode numerik. Zhu et al (2018) used python to develop applications that take advantage of the unique features of scripting languages while leveraging advanced finite element analysis models and algorithms. De Palma et al. (2019) built a modular analysis program written in Python devoted to the estimation of autocorrelation times for Monte Carlo simulations by means of the Γ-method algorithm. In the last, Castro and Jansen (2020) implemented the Koiter's asymptotic method based on the state-of-the-art collaborative tool, Python. Artikel ini membicarakan tentang pembangunan script Python menyelesaikan model SIR dari penyakit COVID 19 menggunakan Metode Shannon-Runge-Kutta-Gill untuk memahami dinamika penyebaran penyakit dalam jangka waktu tertentu dan menganalisis hasil dengan metode inputan yang dibangun.

METODE SHANNON RUNGE KUTTA GILL

Metode Runge Kutta digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan diferensial dalam model SIR secara numerik, Metode ini merupakan variasi dari metode Runge-Kutta yang dikenal memberikan solusi yang stabil dan akurat untuk masalah persamaan diferensial biasa (ODE). Metode ini bekerja dengan mengaproksimasi solusi dari sistem persamaan diferensial pada setiap langkah waktu yang dipilih (Duan et al., 2013).

Metode SRKG adalah varian dari metode Runge-Kutta klasik atau Metode Runge kutta order keempat (RK4) yang meningkatkan stabilitas perhitungan untuk persamaan diferensial dengan perubahan cepat. SRKG bekerja dengan memperbaiki koefisien antara tahapan perhitungan, menghasilkan solusi yang lebih akurat. Pada metode ini, nilai-nilai $k_1, k_2, k_3,$ dan k_4 dihitung untuk menentukan langkah berikutnya dalam solusi persamaan diferensial. Masalah nilai awal dalam bentuk $y' = f(t, y)$ dengan syarat awal$y(t_0) = y_0$. Step size h. Langkah perhitungan sbb: $k_1 = f(t_n, y_n)$, $k_2 = f(t_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{1}{2}hk_1)$, $k_3 = f(t_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{1}{2}hk_2)$, dan $k_4 = f(t_n + h, y_n + hk_3)$. Kemudian menentukan prediktor dengan rumus Runge-Kutta standar $y^* = y_n + \frac{h}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$, dilanjutkan korektor dengan menghitung k_5 dimana $k_5 = f(t_n + h, y^*)$ dan dikahiri memperbaharuai solusi $y_{n+1} = y_n + \frac{h}{6}(k_1 + 4k_5 + k_4)$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model SIR (Susceptible, Infected, Recovered) telah diterapkan menggunakan metode Shannon-Runge-Kutta-Gill (SRKG) untuk memodelkan penyebaran penyakit dalam suatu populasi. Berdasarkan input parameter yang diberikan—laju penularan (beta), laju pemulihan (gamma), populasi awal rentan (S_0), $S_0 = 990$, populasi awal terinfeksi (I_0), $I_0 = 10$, dan populasi awal sembuh (R_0), $R_0 = 0$, simulasi menghasilkan beberapa grafik yang menunjukkan perkembangan epidemi seiring waktu.

Menerapkan metode pada setiap persamaan S, I, dan R.

Perhitungan Manual dengan menghitung *S, I, R* pada waktu $t = 0$ dengan nilai awal $S_0 = 990,\ I_0 = 10,\ R_0 = 0, \beta = 0.3\ , \gamma = 0.1\ , h = 1$ hari, dan susceptable (*S*) dengan $\frac{dS}{dt} = F(t, S, I, R) = -\beta SI = -0.3 \times 990 \times 10 = -2970$. Kemudian untuk menentukan k_1, k_2, k_3 dan k_4 dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.

$k_1 = F(t_0, S_0, I_0, R_0) = -0.3\, S_0 I_0 = -0.3 \times 990 \times 10 = -2970,$

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

$k_2 = F\left(t_0 + \frac{1}{2}h, S_0 + \frac{1}{2}hk_1, I_0 + \frac{1}{2}hk_1, R_0 + \frac{1}{2}hk_1\right) = -0.3 \times \left(S_0 + \frac{1}{2}hk_1\right) \times \left(I_0 + \frac{1}{2}hk_1\right)$
$= -0.3 \times \left(990 + \frac{1}{2}(1)(-2970)\right) \times \left(10 + \frac{1}{2}(1)(-2970)\right) = -219037.5$
$k_3 = F\left(t_0 + \frac{1}{2}h, S_0 + \frac{1}{2}hk_2, I_0 + \frac{1}{2}hk_2, R_0 + \frac{1}{2}hk_2\right) = -0.3 \times \left(S_0 + \frac{1}{2}hk_2\right) \times \left(I_0 + \frac{1}{2}hk_2\right)$
$= -0.3 \times \left(990 + \frac{1}{2}(1)(-219037.5)\right) \times \left(10 + \frac{1}{2}(1)(-219037.5)\right) = -3.565.268$
$k_4 = F(t_0 + h, S_0 + hk_3, I_0 + hk_3, R_0 + hk_3) = -0.3 \times (S_0 + hk_3) \times (I_0 + hk_3)$
$= -0.3 \times (990 + 1\,(-3.565.268)) \times (10 + 1(-3.565.268\,)) = -3.811.202$

Kemudian menentukan Infected (I), dimana $\frac{dI}{dt} = G(t, S, I, R) = \beta SI - \gamma I = 0.3 \times (990) \times (10) - 0.1 \times 10 = 2970 - 1 = 2969$. Nilai k_1 untuk I secara terperincih dapat dilihat di bawah ini:

$l_1 = G(t_0, S_0, I_0, R_0) = (\beta S_0 I_0 - \gamma I_0) = (0.3 \times 990 \times 10) - (0.1 \times 10) = 2969$
$l_2 = G\left(t_0 + \frac{1}{2}h, S_0 + \frac{1}{2}hl_1, I_0 + \frac{1}{2}hl_1, R_0 + \frac{1}{2}hl_1\right) = \left(\beta \times \left(S_0 + \frac{1}{2}hl_1\right) \times \left(I_0 + \frac{1}{2}hl_1\right) - \gamma \times \left(I_0 + \frac{1}{2}hl_1\right)\right)$
$= (0.3 \times \left(990 + \frac{1}{2}(1)(2969)\right) \times \left(10 + \frac{1}{2}(1)(2969)\right) - 0.1 \times \left(10 + \frac{1}{2}(1)(2969)\right) = 1.108.077$
$l_3 = G\left(t_0 + \frac{1}{2}h, S_0 + \frac{1}{2}hl_2, I_0 + \frac{1}{2}hl_2, R_0 + \frac{1}{2}hl_2\right) = \left(\beta \times \left(S_0 + \frac{1}{2}hl_2\right) \times \left(I_0 + \frac{1}{2}hl_2\right) - \gamma \times \left(I_0 + \frac{1}{2}hl_2\right)\right)$
$= (0.3 \times \left(990 + \frac{1}{2}(1)(1.108.077)\right) \times \left(10 + \frac{1}{2}(1)(1.108.077)\right) \approx 92,158,442$
$l_4 = G(t_0 + h, S_0 + hl_3, I_0 + hl_3, R_0 + hl_3) = 0.3 \times (S_0 + hl_3) \times (I_0 + hl_3) - \gamma \times (I_0 + hl_3)$
$= 0.3 \times (990 + 1\,(92,158,442)) \times (10 + 1(92,158,442\,)) - 0.1 \times (10 + 1(92,158,442\,))$
$= 2,548,063,842,495,531.6$

Selanjutnya untuk menentukan Recovered (R): $\frac{dR}{dt} = H(t, S, I, R) = \gamma I = 0.1 \times (10) = 1$ dan Nilai k_1 untuk R:

$m_1 = H(t_0, S_0, I_0, R_0) = 0.1 \times 10 = 1$
$m_2 = H(t_0, S_0, I_0, R_0) = \gamma \times \left(I_0 + \frac{1}{2}hl_1\right) = 0.1 \times \left(10 + \frac{1}{2}(1)(2969)\right) = 149.45$
$m_3 = H(t_0, S_0, I_0, R_0) = \gamma \times \left(I_0 + \frac{1}{2}hl_2\right) = 0.1 \times \left(10 + \frac{1}{2}(1)(1.108.077)\right) = 55,404.85$
$m_4 = H(t_0, S_0, I_0, R_0) = \gamma \times (I_0 + hl_3) = 0.1 \times (10 + (1)(92,158,442)) = 9,215,845.2$

Hitung nlai Tengah dengan k_2, k_3, dan k_4 untuk setiap variabel. Misalnya, untuk S, nilai k_2 dihitung sebagai berikut:

$S_1^* = S_0 + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$
$= 990 + \frac{1}{6}\left(-2970 + \left(2 \times (-219037.5)\right) + \left(2 \times (-3.565.268\,)\right) + (-3.811.202\,)\right) = -72519.32$
$I_1^* = I_0 + \frac{1}{6}(l_1 + 2l_2 + 2l_3 + l_4)$
$= 10 + \frac{1}{6}(2969 + (2 \times 1.108.077) + (2 \times 92,158,442) + 2,548,063,842) = 455,766,651.5$
$R_1^* = R_0 + \frac{1}{6}(m_1 + 2m_2 + 2m_3 + m_4)$
$= 0 + \frac{1}{6}(1 + (2 \times 149.45) + (2 \times 55,404.85) + 9,215,845.2) = 1,554,492.63$

Langkah berikutnya adalah langkah korektor menghitung k_5 dimana $k_5 = F(t_n + h, S_1^*) = -\beta \times \left(S_0 + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)\right) \times \left(I_0 + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)\right) = -0.3 \times (-72519.32) \times (455,766,651.5) = 9,923,770,224$. Kemudian menentukan $l_5 = G(t_n + h, I_1^*) = \beta \times \left(S_0 + \frac{1}{6}(l_1 + 2l_2 + 2l_3 + l_4)\right) \times \left(I_0 + \frac{1}{6}(l_1 + 2l_2 + 2l_3 + l_4)\right) - \gamma \times \left(I_0 + \frac{1}{6}(l_1 + 2l_2 + 2l_3 + l_4)\right) = 0.3 \times \left(990 + \frac{1}{6}(2969 + (2 \times 1.108.077) + (2 \times 92,158,442) + 2,548,063,842)\right) \times (455,766,651.5) - 0.1 \times (455,766,651.5) \approx 623,171,061$. Kemudian

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

$m_5 = H(t_n + h, R_1^*) = \gamma \times (I_0 + \frac{1}{6}(m_1 + 2m_2 + 2m_3 + m_4) = 0.1 \times \Big(10 + \frac{1}{6}(1 + (2 \times 149.45) + (2 \times 55{,}404.85) + 9{,}215{,}845.2)\Big) \approx 155450.246667$. Selanjutnya memperbarui solusinya seperti di bawah ini.

$$S_{0+1} = S_0 + \frac{1}{6}(k_1 + 4k_5 + k_4) = 990 + \frac{1}{6}\Big((-2970) + \big(4 \times (9{,}923{,}770{,}224)\big) + (-3.811.202)\Big) \approx 6616201$$

$$I_{0+1} = I_0 + \frac{1}{6}(l_1 + 4l_5 + l_4) = 10 + \frac{1}{6}\big((2969) + (4 \times 4623{,}171{,}061) + 2{,}548{,}063{,}842\big) \approx 13.5067918425$$

$$R_{0+1} = R_0 + \frac{1}{6}(m_1 + 4m_5 + m_4) = 0 + \frac{1}{6}(1 + (4 \times 155450.246667) + 9{,}215{,}845.2) \approx 1.546377$$

Untuk menyelesaikan sistem persamaan diferensial ini secara numerik, digunakan metode Shannon-Runge-Kutta-Gill menggunakan python dengan Koding python sebagai berikut

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
# Parameter model SIR
beta = 0.3   # Laju infeksi
gamma = 0.1  # Laju pemulihan
S0 = 990     # Populasi rentan awal
I0 = 10      # Populasi terinfeksi awal
R0 = 0       # Populasi sembuh awal
h = 1        # Langkah waktu (1 hari)
N = S0 + I0 + R0  # Total populasi (untuk normalisasi)
days = 160   # Total waktu simulasi (hari)
```

Koding diatas, dilakukan import library yang digunakan dan kemudian dituliskan parameter dan nilai awal dari variabel – variabel model SIR pada penyebaran penyakit COVID-19 seperti β, γ, S, I, R, dan step size h. Nilai dari variabel-variabel diisi dengan nilai yang sudah didefiniskan pada perhitungan manual sebelumnya dan nantinya akan digunakan pada perhitungn metode *Runge-Kutta-Gill*.

```
# Inisialisasi array untuk menyimpan hasil
S = np.zeros(days)
I = np.zeros(days)
R = np.zeros(days)
# Kondisi awal, normalisasi populasi
S[0] = S0 / N
I[0] = I0 / N
R[0] = R0 / N
```

Selanjutnya pada koding diatas, diinisialisasikan sebuah array untk menyimpah hasil dari perhitungan *S, I,* dan *R.* Normalissi populasi juga dilakukan dengan cara membagi setiap nilai awal dari *S,I,* dan *R* dengan jumlah populasi yang di simbolkan dengan *N.* Normalisasi ini dilakukan untuk memudahkan interpretasi, Setelah normalisasi, nilai dari *S,I,* dan *R* akan berada dalam rentang antara 0 dan 1, mewakili proporsi dari total populasi. Ini memudahkan analisis dinamika penyakit.

```
# Metode Shannon-Runge-Kutta-Gill dengan langkah waktu lebih kecil
for n in range(0, days - 1):
    # Hitung k1
    k1_S = -beta * S[n] * I[n]
    k1_I = beta * S[n] * I[n] - gamma * I[n]
    k1_R = gamma * I[n]
    # Hitung k2
```


© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

```
        k2_S = -beta * (S[n] + 0.5 * h * k1_S) * (I[n] + 0.5 * h * k1_I)
        k2_I = beta * (S[n] + 0.5 * h * k1_S) * (I[n] + 0.5 * h * k1_I) - gamma * (I[n] + 0.5 *
h * k1_I)
        k2_R = gamma * (I[n] + 0.5 * h * k1_I)
        # Hitung k3
        k3_S = -beta * (S[n] + 0.5 * h * k2_S) * (I[n] + 0.5 * h * k2_I)
        k3_I = beta * (S[n] + 0.5 * h * k2_S) * (I[n] + 0.5 * h * k2_I) - gamma * (I[n] + 0.5 *
h * k2_I)
        k3_R = gamma * (I[n] + 0.5 * h * k2_I)
        # Hitung k4
        k4_S = -beta * (S[n] + h * k3_S) * (I[n] + h * k3_I)
        k4_I = beta * (S[n] + h * k3_S) * (I[n] + h * k3_I) - gamma * (I[n] + h * k3_I)
        k4_R = gamma * (I[n] + h * k3_I)
        k5_S = -beta * (S[n] + (h / 6) * (k1_S + 2 * k2_S + 2 * k3_S + k4_S)) * (I[n] + (h / 6)
* (k1_I + 2 * k2_I + 2 * k3_I + k4_I))
        k5_I = beta * (S[n] + (h / 6) * (k1_S + 2 * k2_S + 2 * k3_S + k4_S)) * (I[n] + (h / 6)
* (k1_I + 2 * k2_I + 2 * k3_I + k4_I)) - gamma * (I[n] + (h / 6) * (k1_I + 2 * k2_I + 2 * k3_I +
k4_I))
        k5_R = gamma * (I[n] + (h / 6) * (k1_I + 2 * k2_I + 2 * k3_I + k4_I))
        # Update nilai S, I, R
        S[n + 1] = S[n] + (h / 6) * (k1_S + 4 * k5_S + k4_S)
        I[n + 1] = I[n] + (h / 6) * (k1_I + 4 * k5_I + k4_I)
            R[n + 1] = R[n] + (h / 6) * (k1_R + 4 * k5_R + k4_R)
```

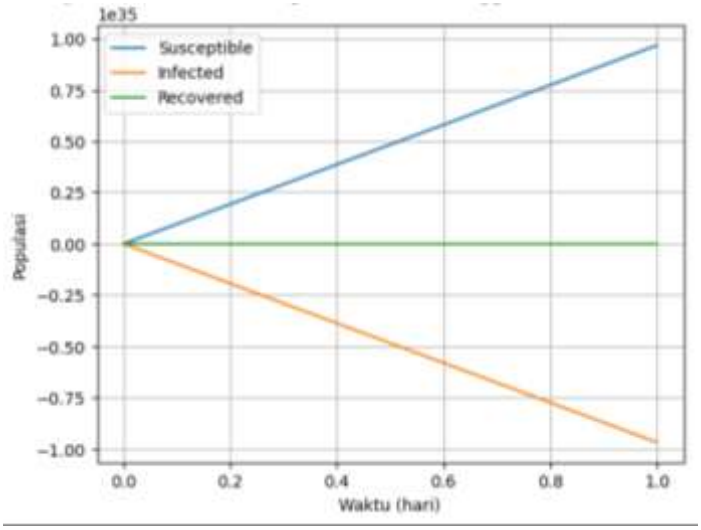
Setelah dilakukan normalisasi populasi, selanjutnya akan diterapkan metode *Runge-Kuttta-Gill.* Akan dihitung nilai k_1, k_2, k_3, k_4, dan k_5 dari setiap variabel *S, I,* dan *R.* Pada koding diatas yang dilakukan hanyalah merepresentasikan perhitungan manual yang telah dilakukan kedalam kode python untuk penyelesaian secara komputasi. Metode *Runge-Kutta-Gill* dihitung secara iteratif untuk mendapatkan nilai *S, I* dan *R* untuk setiap Langkah waktu. Untuk setiap iterasi waktu dalam satuan hari, nilai k_1 dihitung berdasarkan kondisi populasi saat ini. Kemudian nilai k_2 dan k_3 menghitung perkiraan laju perubahan di tengah interval waktu, memperhitungkan pengaruh k_1. Nilai k_4 dihitung dengan menggunakan kondisi pada akhir interval waktu berdasarkan hasil dari k_3. Populasi *S, I,* dan *R* di hari berikutnya dihitung dengan mengambil rata-rata dari keempat perkiraan tersebut. Setelah seluruh iterasi selesai, populasi yang terhitung dalam bentuk proporsi terhadap populasi total akan dikalikan kembali dengan nilai asli total populasi untuk mendapatkan jumlah absolut individu dalam setiap kelompok. Simulasi ini dilakukan selama 160 hari.

```
    # Plot hasil
    plt.plot(S, label='Susceptible')
    plt.plot(I, label='Infected')
    plt.plot(R, label='Recovered')
    plt.legend()
    plt.xlabel('Waktu (hari)')
    plt.ylabel('Populasi')
    plt.title('Prediksi Penyebaran COVID-19 dengan Model SIR menggunakan Shannon-Runge-Kutta-
Gill')
    plt.grid(True)
              plt.show()
# Plot hasil dalam bentuk 3D
    t = np.arange(0, days)
    fig = plt.figure(figsize=(10, 6))
```


© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

```
ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')
ax.plot(t, S, zs=0, zdir='y', label='Susceptible')
ax.plot(t, I, zs=0, zdir='y', label='Infected', color='orange')
ax.plot(t, R, zs=0, zdir='y', label='Recovered', color='green')
# Label dan judul 3D
ax.set_xlabel('Waktu (hari)')
ax.set_ylabel('Populasi')
ax.set_zlabel('Nilai SIR')
ax.set_title('Visualisasi 3D Model SIR Penyebaran COVID-19')
ax.legend()
          plt.show()
```

Pada program python diatas, akan menghasilkan visualisasi grafik yang memvisualisasikan dinamika perubahan populasi rentan (S), terinfeksi (I), dan sembuh (R) dari hasil perhitungan metode *Runge-Kutta-Gill*.Untuk memberikan gambaran lebih jelas, hasil simulasi dipresentasikan dalam dua jenis visualisasi yaitu dalam bentuk 2D dan 3D seperti gambar dibawah ini.

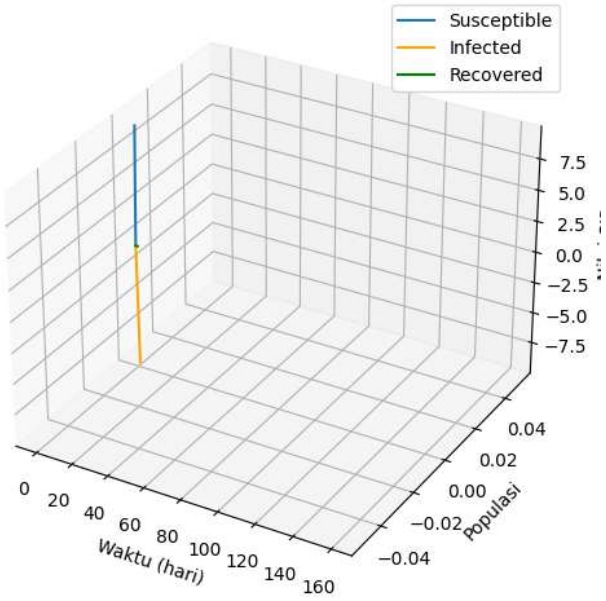


Gambar 1. *Grafik Simulasi Penyebaran Penyakit*

Proporsi populasi rentan (S), Pada grafik, jumlah individu yang rentan terhadap infeksi (susceptible) tampak meningkat secara linear dari 0 hingga hampir 1 (dikali faktor 10^35). Ini tidak sesuai dengan karakteristik penyebaran penyakit yang biasanya akan menurun seiring waktu karena semakin banyak orang yang terinfeksi atau sembuh. Proporsi terinfeksi (I), Populasi yang terinfeksi tampaknya menurun drastis dan bahkan menjadi negatif, yang secara fisik tidak mungkin. Ini bisa menunjukkan adanya kesalahan dalam perhitungan atau implementasi persamaan diferensial dari model SIR, terutama pada nilai awal atau parameter yang digunakan. Proporsi sembuh (R), Populasi yang sembuh tetap konstan pada nilai 0, yang juga tidak realistis karena dalam model SIR, biasanya ada individu yang bertransisi dari status terinfeksi menjadi sembuh seiring waktu.

Tampilan 3D memungkinkan visualisasi lebih mendalam dari evolusi populasi di setiap kategori dan pergerakan penyakit dalam skala waktu yang lebih panjang. Tabel menunjukkan penyebaran penyakit yang dihasilkan dari model SIR pada beberapa titik waktu yang dipilih (setiap 10 hari) menggunakan parameter yang telah ditentukan:

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan



Gambar 2. Grafik 3D Penyebaran Penyakit

Tabel 1. Penyebaran Penyakit Covid-19

Waktu (Hari)	Populasi Rentan (S)	Populasi Terinfeksi (I)	Populasi Sembuh (R)
0	0.99	0.01	0
10	0.9036	0.06598	0.03047
20	0.5814	0.24096	0.17768
30	0.2457	0.28878	0.46551
40	0.1214	0.17761	0.70094
50	0.08263	0.08793	0.82944
60	0.06877	0.04053	0.8907
70	0.06326	0.01819	0.91855
80	0.06094	0.00807	0.93098
90	0.05994	0.00357	0.93649
100	0.05951	0.00157	0.93892
110	0.05932	0.00069	0.93999
120	0.05923	0.00031	0.94046
130	0.0592	0.00013	0.94067
140	0.05918	0.00006	0.94076
150	0.05917	0.00003	0.9408
160	0.05917	0.00001	0.94082

KESIMPULAN

Artikel ini, membicarakan tentang metode Shannon-Runge-Kutta-Gill (SRKG) berhasil diterapkan untuk mendapatkan jumlah penyebaran penyakit menular menggunakan model SIR dengan pengembangan syntax python. Model SIR yang diterapkan dengan metode SRKG memberikan prediksi yang akurat tentang penyebaran COVID-19 dalam suatu populasi. Dengan langkah waktu kecil, model ini mampu memprediksi perubahan populasi rentan, terinfeksi, dan sembuh. Visualisasi yang dihasilkan memungkinkan kita untuk melihat bagaimana penyakit menyebar dan akhirnya menurun seiring waktu, memberikan wawasan penting untuk pengambilan keputusan dalam mengendalikan wabah. Script Python ini masih bisa dikembangkan lagi untuk mendapatkan jumlah penyebaran penyakit dengan model matemaika lebih kompleks lagi. Hasil pembangunak script python ini, parameter pada model bisa saja berubah-ubah sehingga script Python bisa dimunculkan untuk keberlangsungan model ini. Dan juga dengan script ini bisa dikembangkan lagi untuk model-model yang lebih baru lagi.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis imengucapkan terimakasih yang begitu besar kepada pihak yang telah memberikan banyak arahan dan masukan selama penulisan artikel ini serta reviewer yang telah membaca dan memberi masukan juga.

DAFTAR PUSTAKA

Adi-kusumo, F., & Susyanto, N. (2020). Model Berbasis Sir Dalam Prediksi Awal Penyebaran Covid-19 di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) (SIR-Based Model in Predicting the Early Outbreak Of Covid-19 In The Special Region Of Yogyakarta (DIY)), *Jurnal Matematika Thales*, 2-1, 1-10 .

Castro, S. G. P., Jansen, E. L. (2020) Displacement-based formulation of Koiter's method: application to multi-modal post-buckling finite element analysis of plates, Thin-Walled Structures, 159, 107217, 1-25

Cooper, I., Mondal, A., & Antonopoulos, C. G. (2020). A SIR model assumption for the spread of COVID-19 in different communities. *Chaos, Solitons and Fractals*, *139*. https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110057

De Palma, B., Erba, M., Mantovani, L., &.Mosco, N., (2019), A Python program for the implementation of the-method for Monte Carlo simulations, Computer Physics Communications, 234 (1), pp.294-301

Dewantara, A., Febrian Umbara, R., & Kurniawan, I. (2017). Implementasi Metode Runge-Kutta-Gill pada Anaerobic Digestion Model No. 1 untuk Memodelkan Produksi Biogas. *Indonesian Journal of Computing*, *2*(1), 1–6. https://doi.org/10.21108/indojc.2017.21.14

Duan, X., Leng, J., Cattani, C., & Li, C. (2013). A Shannon-Runge-Kutta-Gill method for convection-diffusion equations. *Mathematical Problems in Engineering*, *2013*.

Leleury, Z. A., Rijoly, M. E., & Risamena, F. M. (2022). Analisis Stabilitas Model Sir (Susceptibles, Infected, Recovered) Pada Penyebaran Virus Covid-19 Di Kota Ambon. *J. Ris. & Ap. Mat*, *06*(02), 159–169.

Rangkuti, Y.M, Side, S., Noorani, M.S.M. (2014) Numerical analytic solution of SIR model of dengue fever disease in south Sulawesi using homotopy perturbation method and variational iteration method, Journal of Mathematical and Fundamental Sciences, 46, (1), 91-105

Side, S., Rangkuti, Y.M., Pane, D.G., Sinaga, M.S., (2018) Stability Analysis Susceptible, Exposed, Infected, Recovered (SEIR) Model for Spread Model for Spread of Dengue Fever in Medan, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 954, 012018

Sari, S. P., & Arfi, E. (2021a). Analisis Dinamik Model SIR Pada Kasus Penyebaran Penyakit Corona Virus Disease-19 (COVID-19). *Original Article Indonesian Journal of Applied Mathematics*, *1*(2), 61–68. https://journal.itera.ac.id/index.php/indojam/

Sari, S. P., & Arfi, E. (2021b). Analisis Dinamik Model SIR Pada Kasus Penyebaran Penyakit Corona Virus Disease-19 (COVID-19). *Original Article Indonesian Journal of Applied Mathematics*, *1*(2), 61–68. https://journal.itera.ac.id/index.php/indojam/

Sindi, S., Ratnasari, W., Ningse, O., Sihombing, I. A., Fikrul, P. P. P. A. N. W., Zer, I. R. H., & Hartama, D. (2020). Analisis Algoritma K-Medoids Clustering Dalam Pengelompokan Penyebaran COVID-19 Di Indonesia. *Jurnal Teknologi Informasi*, *4*(1).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Sitinjak, A. A. (2021). Penentuan Rumus Bilangan Reproduksi Dasar Pada Model Matematika COVID-19 Dari Model Sir Yang Dimodifikasi. *EduMatSains Jurnal Pendidikan, Matematika Dan Sains* , *5*(2), 203–210. http://ejournal.uki.ac.id/index.php/edumatsains

Wahyu Diamtoro, T., Widjajanti, T., & Matulage, D. (2021). Model Sir (Susceptible, Infected, Removed) Penyebaran COVID-19 di Provinsi Papua Barat. *Jurnal Natural*, *17*(2), 64–71.

Yoda, Y., Ouedraogo, H., Ouedraogo D., Guiro, A., (2024), Mathematical analysis and optimal control of Dengue fever epidemic model, Advances in Continuous and Discrete Models, 2024:11, 1-33.

Zhu, M., McKenna, F., Scott, M.H., (2018), OpenSeesPy: Python library for the OpenSees finite element framework, SoftwareX 7 (2018) 6–11

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengembangan Video Pembelajaran Matematika Berbasis Model Pembelajaran Kooperatif Tipe STAD untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa SMP Kelas VIII

Elena Putri Sinaga[1*], & Pardomuan Sitompul[2]
[1,2]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author: elenaputrisinaga@mhs.unimed.ac.id*

Abstrak, penelitian ini bertujuan demi mengembangkan video pembelajaran matematika pada materi statistika guna meningkatkan motivasi belajar siswa. Metode pengembangan yang digunakan adalah model ADDIE, yang meliputi lima tahap: analisis, desain, pengembangan, penerapan, dan evaluasi. Sampel penelitian ini melibatkan 27 siswa kelas VIII-1 di SMP Swasta Pertiwi Medan. Data dikumpulkan melalui studi literatur, observasi, wawancara, kuesioner, dokumentasi, dan tes. Hasil penelitian menunjukkan bahwa video pembelajaran yang dikembangkan layak digunakan sebagai media pembelajaran matematika, didukung oleh validasi ahli media dengan skor 4,4% (valid) dan validasi ahli materi dengan skor 4,34% (valid). Selain itu, video tersebut mendapatkan penilaian 87,08% dari praktisi pembelajaran, dengan kriteria "sangat praktis". Untuk keefektifan, respon siswa menunjukkan persentase 99,63% dalam kategori "sangat efektif". Oleh karena itu, video pembelajaran matematika tentang materi statistika yang dikembangkan memenuhi kriteria valid, praktis, efektif, dan mampu meningkatkan motivasi belajar siswa dalam matematika. Kemudian untuk peningkatan motivasi siswa diperoleh peningkatan motivasi belajar siswa dari sebelumnya hanya 44,07% menjadi 99,63% dengan peningkatan motivasi belajar sebesar 55,56%.
Kata kunci: Penelitian Pengembangan, Video Pembelajaran Matematika, Statistika, Motivasi Belajar Matematika, Model ADDIE.

***Abstract**, this research aims to develop mathematics learning videos on statistics material to increase student learning motivation. The development method used is the ADDIE model, which includes five stages: analysis, design, development, implementation and evaluation. This research sample involved 27 students in class VIII-1 at Pertiwi Medan Private Middle School. Data was collected through literature study, observation, interviews, questionnaires, documentation and tests. The research results show that the learning videos developed are suitable for use as mathematics learning media, supported by media expert validation with a score of 4.43% (valid) and material expert validation with a score of 4.34% (valid). In addition, the video received an assessment of 87.08% from learning practitioners, with the criteria "very practical". For effectiveness, student responses showed a percentage of 99.99% in the "very effective" category. Therefore, the mathematics learning video about statistics material that was developed meets the criteria of being valid, practical, effective, and able to increase students' learning motivation in mathematics. Then, to increase student motivation, an increase in student learning motivation was obtained from previously only 44.07% to 99.63% with an increase in learning motivation of 55.56%.*
***keywords:** Development Research, Mathematics Instructional Videos, Statistics, Mathematics Learning Motivation, ADDIE Model.*

Citation : Sinaga, E. P., & Sitompul. P. (2024). Pengembangan Video Pembelajaran Matematika Berbasis Model Pembelajaran Kooperatif Tipe STAD untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa SMP Kelas VIII. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 326 – 334

PENDAHULUAN

Perubahan zaman yang pesat dalam dunia pendidikan telah menggeser pendekatan pengajaran dari metode tradisional menuju pendekatan modern yang lebih inovatif. Kemajuan teknologi

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

mendorong peningkatan kualitas pembelajaran di Indonesia, khususnya dalam aspek kurikulum, alat bantu ajar, dan metode evaluasi. Pendidikan merupakan fondasi penting yang membentuk perilaku dan pengetahuan individu agar dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Menurut Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional, pendidikan bertujuan untuk menciptakan lingkungan belajar yang mendorong siswa untuk mengeksplorasi potensi diri, serta menanamkan keterampilan hidup, kemampuan spiritual, pengendalian diri, dan karakter.

Pendidikan formal, terutama di sekolah, memiliki peran penting dalam pengembangan karakter dan kemampuan akademis siswa. Guru, sebagai pendidik profesional, berperan dalam membimbing dan mengarahkan peserta didik dari pendidikan dasar hingga menengah, sebagaimana diatur dalam Undang-Undang No. 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen. Salah satu proses penting dalam pendidikan adalah pembelajaran, yang tidak hanya melibatkan hafalan tetapi juga kemampuan mengaitkan materi yang diajarkan dengan informasi baru.

Matematika sebagai salah satu mata pelajaran inti berperan penting dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis, logis, dan kreatif. Namun, karena sifatnya yang abstrak, matematika sering menjadi tantangan bagi siswa. Untuk itu, pendekatan pembelajaran yang lebih menarik dan relevan perlu dikembangkan. Tujuan pendidikan matematika adalah meningkatkan kemampuan pemikiran matematis, komunikasi, dan pemecahan masalah, serta sikap positif terhadap matematika.

Pemerintah melalui Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 telah mengamanatkan pengajaran matematika di tingkat dasar dan menengah. Pembelajaran matematika mencakup tiga komponen utama: produk (konsep dan prinsip matematika), proses (cara memperoleh pengetahuan), dan sikap (pandangan dan nilai yang diterapkan siswa). Namun, metode pengajaran yang cenderung berfokus pada hafalan seringkali menimbulkan kebosanan dan kurang optimal dalam pengembangan keterampilan matematis siswa.

Transformasi pendidikan matematika membutuhkan penyesuaian kurikulum dan penggunaan metode yang relevan. Kurikulum di Indonesia telah mengalami berbagai perubahan, yang terakhir adalah Kurikulum Merdeka yang digunakan di SMP Swasta Pertiwi Medan. Kurikulum ini memungkinkan satuan pendidikan merancang pendekatan yang sesuai dengan karakteristik masing-masing, sehingga mendukung pembelajaran berdiferensiasi dan pembentukan profil siswa sesuai nilai-nilai Pancasila.

Dalam meningkatkan kualitas pembelajaran, paradigma baru lebih mengutamakan model pembelajaran konstruktivisme. Salah satu model yang efektif adalah model pembelajaran kooperatif tipe STAD (Student Teams Achievement Division), yang berpusat pada siswa dan mengutamakan kerja sama dalam kelompok kecil. Model ini memungkinkan siswa belajar bersama secara aktif dan mencapai potensi maksimal.

Motivasi belajar, baik intrinsik maupun ekstrinsik, memegang peran penting dalam keberhasilan pembelajaran. Untuk meningkatkan motivasi, penggunaan media pembelajaran inovatif, seperti video, menjadi penting. Media ini tidak hanya meningkatkan keterlibatan siswa, tetapi juga membuat proses belajar lebih menarik dan mudah dipahami. Guru yang mahir memanfaatkan teknologi dan media pembelajaran dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih bervariasi dan efektif.

Dalam konteks pembelajaran matematika di SMP Swasta Pertiwi Medan, observasi menunjukkan bahwa penggunaan alat ajar tradisional seperti buku dan papan tulis kurang menarik

bagi siswa. Hasil tes diagnostik menunjukkan rata-rata nilai siswa hanya mencapai 40, yang termasuk kategori rendah, dengan persentase kepuasan siswa terhadap proses belajar sebesar 44,07%. Berdasarkan masalah ini, peneliti memutuskan untuk melakukan penelitian yang berjudul "Pengembangan Video Pembelajaran Matematika Berbasis Model Pembelajaran Kooperatif Tipe STAD untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa SMP Kelas VIII". Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran yang lebih menarik dan efektif dalam mendukung pemahaman dan motivasi siswa dalam belajar matematika.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di SMP Swasta Pertiwi Medan, berhubung karena bangunan SMP Swasta Pertiwi Medan sedang direnovasi, seluruh siswa dan guru sementara dipindahkan ke gedung Yayasan Perguruan SD Swasta Pertiwi Medan yang berlokasi di Jl. Budi Pembangunan No. 1, Pulo Brayan Kota, Kecamatan Medan Barat, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara, 20239. Penelitian ini akan dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2023/2024. Objek penelitian ini adalah video pembelajaran matematika dengan menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe *STAD* pada materi muatan statistika, dan subjeknya adalah siswa kelas VIII-1 SMP Swasta Pertiwi Medan yang berjumlah 27 orang.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dikenal dengan istilah penelitian dan pengembangan (R&D). Produk yang dihasilkan adalah video edukasi matematika berbasis paradigma pembelajaran kooperatif STAD yang bertujuan untuk meningkatkan motivasi siswa matematika kelas VIII dalam mempelajari statistika. Model pengembangan yang digunakan disebut ADDIE yang merupakan singkatan dari Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation. Ahli materi, ahli media, guru matematika, serta melalui angket respon siswa untuk mendapatkan detailator mengenai produk yang dikembangkan akan divalidasi. Pembuatan video pembelajaran matematika dengan menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe STAD pada materi Statistika menjadi variabel bebas dalam penelitian ini, sedangkan motivasi belajar siswa menjadi variabel terikat dalam penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan, artinya hasil akhirnya adalah video yang mengajarkan matematika. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hal-hal sebagai berikut: (1) kemanjuran video pembelajaran matematika; (2) validitasnya; (3) kepraktisannya; dan (4) kemampuannya dalam meningkatkan semangat belajar siswa. Model ADDIE digunakan dalam penelitian pengembangan untuk mencapai tujuan ini. Sebuah video yang ditujukan untuk pengajaran matematika adalah hasil dari penelitian ini.

Peneliti membuat diagram alur dan storyboard untuk video pendidikan matematika. Informasi yang diberikan diperoleh dari buku pelajaran siswa yang digunakan untuk Mata Pelajaran Matematika Wajib Kelas VIII SMP Swasta Pertiwi Medan, serta rekomendasi dan petunjuk dari guru mata pelajaran matematika. Peneliti kemudian membuat video pembelajaran matematika berdasarkan seluruh data yang dikumpulkan, dimulai dari pendahuluan video, profil peneliti, konten yang dimasukkan, pertanyaan-pertanyaan, dan desain/tampilan storyboard yang akan menyertai video tersebut. Canva dan Capcut menjadi alat yang digunakan untuk membuat video pendidikan matematika ini. Google Drive menyediakan link ke video instruksional tentang statistik matematika

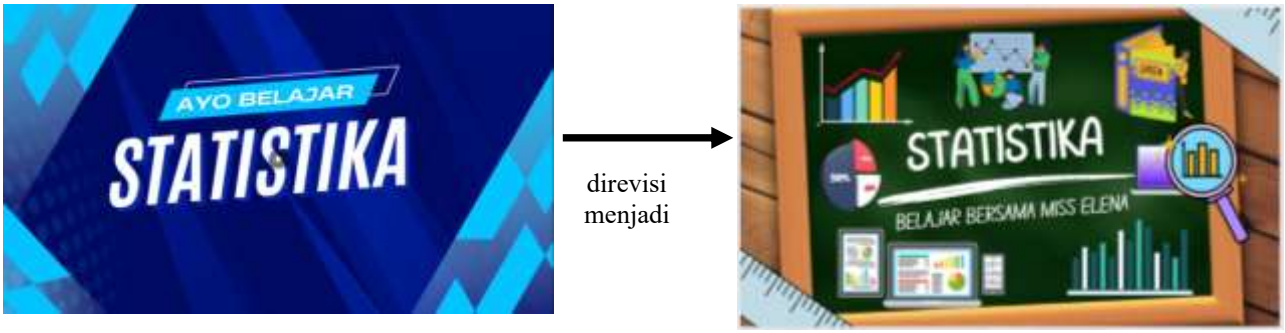
© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

untuk pertemuan 1 dapat diakses https://drive.google.com/drive/folders/1vKmFdoYbEtLU7kDN7YUYI7VRHgoG_LMv dan untuk pertemuan 2 dapat diakses di https://drive.google.com/drive/folders/1vM160f8vBiQFPKjXjEMIKdFxghQKtrM0. Kemudian tampilan intro media pembelajaran dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tampilan Intro Media

Selanjutnya, peneliti melakukan validasi ahli media, ahli materi, dan validasi instrumen penelitian berupa angket respon siswa dan guru. Hasil revisi validasi dilakukan sebagai respons terhadap masukan validator, yaitu berdasarkan masukan yang diberikan pada tahap validasi. Revisi media, berdasarkan temuan penelitian pakar media terhadap berbagai kesalahan media, khususnya pada perbaikan audio suara agar lebih jelas dan penambahan gambar atau ilustrasi.



Gambar 2. Revisi Media

Kemudian melakukan revisi materi, berdasarkan temuan penelitian pakar materi terhadap berbagai kesalahan materi, khususnya penambahan atau penggantian materi dari indikator keberhasilan menjadi capaian pembelajaran. Revisi materi dapat dilihat pada gambar 3. Setelah direvisi dilakukan tahap implementasi yaitu uji coba pertama dan uji coba kedua berdasarkan prosedur penelitian. Pada uji coba 1, Lima siswa dan seorang guru matematika menyelesaikan kuesioner sebagai bagian dari uji coba pertama, yang dilakukan dalam kelompok kecil. Hasil video guru dan siswa terhadap pembelajaran matematika praktisi dirangkum pada tabel 1.



Gambar 3. Revisi Materi

Tabel 1. Hasil Praktisi Video Pembelajaran Matematika dari Guru Matematika dan Siswa

Indikator	Validator						Rata- Rata.
	G	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	
Penggunaan Media	75%	75%	87,5%	87,5%	87,5%	87,5%	83,33%
Kebermanfaatan Media	95%	90%	85%	90%	95%	90%	90,83%
Rata-Rata Persentase	85%	82,5%	86,2%	88,8%	91,2%	88,8%	87,08%
Keseluruhan Kriteria	Sangat Praktis	Sangat Praktis	Sangat Praktis	Sangat Praktis	Sangat Praktis	Sangat Praktis	Sangat Praktis

NB: G = Guru; dan S = Siswa

Dari tabel 1 terlihat bahwa kegunaan media memiliki rata-rata 90,83% dan indikasi penggunaan media memiliki rata-rata 83,33%. Video belajar matematika ini dapat dikatakan praktis karena mempunyai persentase rata-rata keseluruhan sebesar 83,33% dengan kategori "sangat praktis". Selanjutnya pada uji coba 2 dilaksanakan di SMP Swasta Pertiwi Medan dengan siswa sebanyak 27 orang di kelas VIII-1 dengan memberikan angket sebagai bagian dari uji coba kedua untuk mengetahui respon siswa setelah melakukan pembelajaran dengan media yang dikembangkan. Persentase siswa sesuai dengan indikator motivasi belajar siswa terdapat dalam tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Persentase Angket Respon Siswa terhadap Motivasi Belajar

Pernyataan	Persentase			
	STS	TS	S	SS
Saya hadir pada saat pembelajaran matematika	0%	0%	33,3%	66,7%
Saya tidak merasa kesulitan dalam belajar dengan menggunakan video pembelajaran matematika	0%	0%	33,3%	66,7%
Saya setuju video pembelajaran dapat mendukung proses pembelajaran matematika di kelas	0%	0%	37%	63%
Saya suka dengan kualitas gambar dalam video pembelajaran	0%	0%	44,4%	55,6%
Saya suka dengan konten video pembelajaran yang disajikan peneliti	0%	0%	37%	63%
Saya suka dengan penyajian materi melalui video pembelajaran	0%	0%	33,3%	66,7%
Saya suka dengan kualitas audio video pembelajaran	0%	0%	48,1%	51,9%
Menurut saya video pembelajaran termasuk media yang mudah digunakan	0%	0%	14,8%	85,2%
Saya semakin aktif dalam belajar dengan menggunakan video pembelajaran matematika	0%	0%	44,4%	55,6%
Saya lebih mudah memahami materi statistika dengan menggunakan video pembelajaran matematika	0%	0%	51,9%	48,1%
Saya mengerjakan soal dan tugas yang diberikan oleh guru dengan sungguh-sungguh	0%	0%	18,5%	81,5%
Saya percaya diri dengan kemampuan diri sendiri	0%	0%	29,6%	70,4%
Penggunaan video pembelajaran meningkatkan kemandirian saya dalam belajar	0%	0%	37%	63%
Saya semakin termotivasi dalam belajar karena kegiatan belajar lebih menarik dan tidak membosankan	0%	0%	25,9%	74,1%
Video pembelajaran matematika dapat digunakan secara berulang-ulang	0%	0%	18,5%	81,5%
Saya dapat menggunakan video pembelajaran diberbagai tempat	0%	0%	14,8%	85,2%
Guru memberikan apresiasi apabila saya mengerjakan tugas dengan baik	0%	0%	25,9%	74,1%
Orang tua saya memberikan hadiah apabila saya berprestasi	0%	7,4%	29,6%	63%

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Salah satu alasan saya mengikuti pembelajaran dengan baik agar tidak dihukum	0%	0%	40,7%	59,3%
Saya bersaing secara sehat dengan teman sekelas sesuai dengan kemampuan saya	0%	0%	18,5%	81,5%

Dari hasil beberapa penilaian di setiap jenjang diketahui bahwa jenjang SMP memerlukan variasi yang menarik dalam penyampaian kurikulumnya. Untuk konten yang berhubungan dengan statistika, peneliti membuat video pembelajaran matematika. Penyesuaian akhir didasarkan pada umpan balik yang diterima dari para ahli dan pendidik selama tahap uji coba media dalam proses evaluasi. Hasil menunjukkan persentase sebesar 99,63% dengan kriteria peningkatan motivasi belajar siswa berdasarkan pelaksanaan yang diselesaikan sebanyak 27 siswa. Oleh karena itu, materi pembelajaran yang dibuat dianggap sah, berguna, dan efisien untuk tujuan pendidikan.

Peningkatan motivasi belajar siswa pada tahap awal penelitian telah dilakukan observasi melalui angket kebutuhan siswa dan diperoleh hasil awal respon siswa dengan persentase hanya 44,07% dengan respon "positif" dan 55,93% dengan respon "negatif" seperti pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Persentase Angket Kebutuhan Siswa terhadap Motivasi Belajar

Pertanyaan	Persentase Jawaban	
	Ya	Tidak
Apakah anda selalu hadir dalam pembelajaran matematika?	92.59%	7.41%
Apakah anda suka belajar matematika?	25.93%	74.07%
Apakah anda membaca buku panduan matematika sebelum pembelajaran berlangsung?	33.33%	66.67%
Apakah anda senang belajar hanya dengan menggunakan buku teks, modul, atau buku ajar untuk memahami materi pembelajaran?	0%	100%
Apakah anda suka mengulang pelajaran matematika yang telah diajarkan?	11.11%	88.89%
Apakah anda suka bertanya kepada guru tentang pelajaran matematika yang kurang jelas?	37.04%	62.96%
Apakah Bapak/Ibu guru pernah menggunakan media pembelajaran yang menurut anda menarik?	44.44%	55.56%
Apakah anda percaya diri dengan kemampuan belajar matematika anda saat ini?	18.52%	81.48%
Apakah anda memiliki keinginin berprestasi di sekolah?	77.78%	22.22%
Apakah anda antusias belajar matematika dengan video pembelajaran matematika?	100%	0%

Kemudian dalam proses penelitian, peneliti memberikan angket kepada siswa untuk melihat seberapa besar peningkatan motivasi belajar siswa setelah melakukan pembelajaran dengan menggunakan video pembelajaran matematika. Maka dari itu, berdasarkan angket respon siswa terhadap peningkatan motivasi belajar diperoleh rata-rata proporsi siswa yang menjawab "setuju" adalah 31,85% dan sangat setuju adalah 67,78% seperti terlihat pada tabel 4.8. Standar yang berlaku saat ini menyebutkan, dari data jawaban siswa yang dikumpulkan dari 27 siswa kelas VIII-1 yang mengisi kuesioner, setidaknya 80% siswa memberikan temuan tanggapan positif. Kuesioner terdiri dari dua puluh pernyataan dengan alternatif "sangat tidak setuju, tidak setuju, setuju, dan sangat setuju".

Penyesuaian akhir didasarkan pada umpan balik yang diterima dari para ahli dan pendidik selama tahap uji coba media dalam proses evaluasi. Hasil menunjukkan persentase sebesar 99,63% dengan kriteria peningkatan motivasi belajar siswa berdasarkan pelaksanaan yang diselesaikan sebanyak 27 siswa. Oleh karena itu, materi pembelajaran yang dibuat dianggap sah, berguna, dan efisien untuk tujuan pendidikan. Dengan demikian telah jelas bahwa diperoleh peningkatan motivasi belajar siswa dari sebelumnya hanya 44,07% menjadi 99,63% dengan peningkatan motivasi belajar sebesar 55,56%.

KESIMPULAN

Video pembelajaran matematika yang dikembangkan dianggap berkualitas karena memenuhi tiga kriteria utama: valid, praktis, dan efektif di SMP Swasta Pertiwi Medan. Beberapa kesimpulan

yang dapat dikemukakan, kevalidan video pembelajaran matematika di pokok pembahasan ataupun materi statistika, berdasarkan penilaian ahli media, mendapat nilai rata-rata 4,4 dengan kategori Valid. Sementara itu, penilaian dari ahli materi menghasilkan nilai rata-rata 4,34 dengan kategori Valid. Berdasarkan penilaian tersebut, media dan materi video pembelajaran ini dinyatakan Valid untuk digunakan sebagai media pembelajaran. Kemudian Media pembelajaran yang telah dikembangkan mendapatkan rata-rata persentase 87,08% dari praktisi pembelajaran dengan kategori "sangat praktis". Dari aspek penggunaan media, yang mencakup kesulitan penggunaan dan kejelasan bahasa perintah, media ini memperoleh 83,33%. Untuk aspek kebermanfaatan media, media ini mendapatkan 90,83%. Kedua aspek ini dinilai "sangat praktis". Hasil penilaian dari guru matematika dan 5 siswa menghasilkan skor 85%, 82,5%, 86,2%, 88,8%, 91,2%, dan 88,8%, dengan rata-rata penilaian praktisi pembelajaran sebesar 87,08%, yang dikategorikan sebagai "sangat praktis". Dengan demikian, video pembelajaran matematika pada materi statistika dinilai "praktis" untuk digunakan dalam pembelajaran.

Analisis jawaban siswa digunakan untuk mengetahui seberapa sukses video pembelajaran matematika pada materi statistika. Media pembelajaran yang dibuat mendapat sambutan positif dari siswa, 99,63% diantaranya menjawab “setuju” dengan persentase 31,85 dan sangat setuju dengan persentase 67,78% ketika ditanya melalui angket. Proporsi ini menunjukkan bahwa penggunaan video pembelajaran matematika pada materi statistika “efektif” dalam proses pembelajaran. Berdasarkan tujuan utama penelitian ini, yaitu untuk meningkatkan motivasi belajar siswa, dengan respon positif pada angket yang diberikan kepada siswa dapat disimpulkan bahwa video pembelajaran matematika pada materi statistika dapat meningkatkan motivasi belajar siswa. Mengapa demikian? Karena bisa kita lihat langsung dari perolehan persentase positif dari siswa, dimana 99,63% merupakan kategori yang sangat tinggi dan penyataan-pernyataan dalam angket telah disesuaikan dengan indikator motivasi belajar. Sesuai dengan observasi awal, respon positif siswa hanya pada persentase 44,07%. Artinya diperoleh peningkatan motivasi belajar siswa sebesar 55,56%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terimakasih kepada Bapak Dr Pardomuan Sitompul, M.Si., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, serta bantuan kepada penulis hingga dapat menyelesaikan penelitian ini. Saya juga mengucapkan terimakasih kepada kedua orang tua penulis Bapak tercinta Komman Sinaga dan Mama tersayang Sinur Br Situmorang yang selalu memberikan kasih sayang, doa, motivasi, semangat, dan dukungan finansial tanpa henti kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Selanjutnya, saya juga mengucapkan terimakasih kepada Ibu Nurfadilla, S.Pd., selaku Guru Matematika SMP Swasta Pertiwi Medan yang telah membantu dan membimbing penulis dalam melakukan penelitian di sekolah SMP Swasta Pertiwi Medan.

DAFTAR PUSTAKA

Akhiruddin, Sujarwo, Atmowardoyo, H., & Nurhikmah. (2019). *Bahan Ajar Belajar dan Pembelajaran*. Gowa: CV. Cahaya Bintang Cemerlang.

Ananda, R. & Fadhli, M. (2018). *Statistik Pendidikan (Teori dan Praktik dalam Pendidikan)*. Medan: CV. Widya Puspita.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Aprilia, A. & Fitriana, D. N. (2022). Mindset Awal Siswa terhadap Pembelajaran Matematika yang Sulit dan Menakutkan. *Journal Elementary Education*, 1(2): 28-39.

Asmara, D. N., Agustina, T., & Apreasta, L. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Video Animasi Berbasis Animaker pada Muatan Matematika Kelas IV Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(6): 8156-8171.

Depdiknas. (2003). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional. Jakarta: Dirjen Pendidikan Dasar dan Menengah.

Fajarwati, M. I. & Irianto, S. (2021). Pengembangan Media Animaker Materi Keliling dan Luas Bangun Datar Menggunakan Kalkulator di Kelas IV SD UMP. *Jurnal Pemikiran dan Penelitian Pendidikan Dasar*, 5(1): 1-11.

Indrawan, I., Wijoyo, H., Wiguna, I. M. A., & Wardani, E. (2020). *Media Pembelajaran Berbasis Multimedia.* Banyumas: CV. Pena Persada.

Kompas.com. (2022, 24 Januari). *Membedakan Luas Permukaan Prisma dan Limas*. Diakses 28 Februari 2024, dari *https://www.kompas.com/skola/read/2022/01/24/130000769/membedakanlua s-permukaan-prisma-dan-limas*

Kristanto, Andi. (2016). *Media Pembelajaran*. Jawa Timur: Bintang Sutabaya.

Lestari, D., Nurlita, M., & Muhlis, V. M. (2022). Pengaruh Pembelajaran Matematika dengan Menggunakan Media Video Pembelajaran terhadap Kemampuan Penalaran Matematis Siswa. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(03): 272-282.

Magdalena, I., Shodikoh, A. F., & Pebrianti, A. R. (2021). Pentingnya Media Pembelajaran untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa SDN Meruya Selatan 06 Pagi. *Jurnal Edukasi dan Sains*, 3(2): 312-325.

Malik, Adam. (2018). *Pengantar Statistika Pendidikan*. Yogyakarta: Deepublish.

Minarni, A., Napitupulu, E. E., Lubis, S. D., & Annajmi. (2020). *Kemampuan Berpikir Matematis dan Aspek Afektif Siswa*. Medan: Harapan Cerdas.

Muhibbah, F. & Iba, K. (2022). Pengaruh Penggunaan Media Video Animasi terhadap Hasil Belajar Matematika Kelas IV SD. *Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 11(4): 1022-1028.

Munawar, B., Hasyim, A. F., & Ma'arif, M. (2020). Desain Pengembangan Bahan Ajar Digital Berbantuan Aplikasi Animaker pada PAUD di Kabupaten Pandeglang. *Jurnal Golden Age*, 04(2): 310-320.

NCTM. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

Nurdin, I. & Hartati, S. (2019). *Metodologi Penelitian Sosial*. Surabaya: Media Sahabat Cendekia.

Nurfadhillah, S., Ningsih, D. A., Ramadhania, P. R., & Sifa, U. N. (2021). Peranan Media Pembelajaran dalam Meningkatkan Minat Belajar Siswa SD Negeri Kohod III. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial*, 3(2): 243-255.

Nuryadi, Astuti, T. D., Utami, E. S., & Budiantara, M. (2017). *Dasar-Dasar Penelitian*. Yogyakarta: Sibuku Media.

Oktavtiana, V. & Aini, I. N. (2021). Deskripsi Kemampuan Penalaran Matematika Siswa SMP Kelas VIII. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 4(3): 587-600.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Rahma, S., Ahsan, M., & Usman. (2022). Implementasi Video Pembelajaran Matematika untuk Meningkatkan Kemampuan Penalaran Matematis Peserta Didik. *Journal of Mathematics Learning Innovation (JMLI)*, 1(1): 33-44.

Sani, R. A. (2019). Strategi Belajar Mengajar. Depok: PT. RajaGrafindo Persada.

Silitonga, M. K. & Rosyida, S. (2015). Animasi Interaktif sebagai Media Sosialisasi Indonesia Tsunami Early Warning System (INATEWS). *Jurnal Sistem Informasi STMIK Antar Bangsa*, IV(2): 200207.

Sofyana, U. M. & Kusuma, A. B. (2018). Upaya Meningkatkan Kemampuan Penalaran Matematis Siswa Menggunakan Pembelajaran *Generative* pada Kelas VII SMP Muhammadiyah Kaliwiro. *Jurnal Penelitian Didaktik Matematika*, 2(2): 11-23.

Sudjana. (2021). *Metoda Statistika*. Bandung: Tarsito.

Supardi. (2019). *Statistik Penelitian Pendidikan: Perhitungan, Penyajian, Penjelasan, Penafsiran, dan Penarikan Kesimpulan*. Depok: PT. RajaGrafindo Persada.

Widi, Shilvina. (2023, 8 Desember). *Data Kualitas Pendidikan Siswa di Indonesia Berdasarkan Hasil PISA 2022*. Diakses 22 Februari 2024, dari *https://dataindonesia.id/pendidikan/detail/data-kualitaspendidikan-siswa-di-indonesia-berdasarkan-hasil-pisa-2022*

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengoptimalan Seleksi Tim PON Esports Mobile Legends Perwakilan Sumatera Utara Menggunakan Metode Algoritma Genetika dan Regresi Linear Berganda

Ricad Silitonga[1*], Didi Febrian[2]
[1,2]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:silitongaricad34@gmail.com*

Abstrak, Esports, atau olahraga elektronik, telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir dan menjadi salah satu industri yang paling dinamis di dunia hiburan. eSports melibatkan kompetisi video game yang terorganisir, dimana para pemain dan tim profesional bertanding dalam berbagai judul game yang populer seperti Mobile Legends, Dota 2, League of Legends, dan banyak lagi. Kompetisi eSports diselenggarakan secara global dan menarik jutaan penonton baik melalui platform streaming online maupun di arena-arena besar. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode yang efektif untuk seleksi tim eSports Mobile Legends, khususnya dalam konteks tim PON Sumatera Utara, dengan menggabungkan regresi linear berganda dan algoritma genetika. Pendekatan ini diharapkan mampu menghasilkan seleksi pemain yang lebih objektif dan akurat berdasarkan performa individu dalam berbagai aspek permainan. Data performa pemain dikumpulkan dari hasil pertandingan yang mencakup variabel-variabel seperti Kill/Death/Assist (KDA), Gold per Menit, Turret Damage, Damage Diberikan, Damage Diterima, dan Kill Partisipasi. Variabel-variabel ini digunakan sebagai input dalam model regresi linear berganda untuk memprediksi hasil pertandingan. Model regresi yang dibangun menunjukkan hubungan signifikan antara variabel-variabel performa dan hasil pertandingan. Algoritma genetika kemudian diterapkan untuk mengoptimalkan seleksi tim berdasarkan koefisien regresi yang diperoleh. Parameter algoritma genetika yang digunakan meliputi ukuran populasi sebesar 500, jumlah generasi sebanyak 1500, crossover rate sebesar 0.4, dan mutation rate sebesar 0.6. Dua metode crossover, yaitu Extended Intermediate Crossover dan One-cut-point Crossover, digunakan secara acak, sementara metode mutasi yang digunakan adalah Reciprocal Exchange Mutation.Penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam bidang seleksi tim eSports dan diharapkan dapat menjadi referensi bagi peneliti dan praktisi di bidang eSports serta analisis data olahraga.
Kata kunci: Seleksi Tim Esports; Algoritma Genetika; Regresi Linear Berganda; Mobile Legends; PON Sumatera Utara.

Abstract, *eSports, or electronic sports, have rapidly developed in recent years and have become one of the most dynamic industries in the entertainment world. eSports involve organized video game competitions where professional players and teams compete in various popular game titles such as Mobile Legends, Dota 2, League of Legends, and many more. eSports competitions are held globally and attract millions of viewers through online streaming platforms and large arenas.This research aims to develop an effective method for selecting eSports Mobile Legends teams, specifically for the North Sumatra PON team, by combining multiple linear regression and genetic algorithms. This approach is expected to produce a more objective and accurate player selection based on individual performance in various aspects of the game.Player performance data was collected from match results, including variables such as Kill/Death/Assist (KDA), Gold per Minute, Turret Damage, Damage Dealt, Damage Taken, and Kill Participation. These variables were used as inputs in a multiple linear regression model to predict match outcomes. The regression model built showed a significant relationship between performance variables and match outcomes.The genetic algorithm was then applied to optimize team selection based on the regression coefficients obtained. The genetic algorithm parameters used included a population size of 500, 1500 generations, a crossover rate of 0.4, and a mutation rate of*

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

0.6. Two crossover methods, Extended Intermediate Crossover and One-cut-point Crossover, were used randomly, while the mutation method used was Reciprocal Exchange Mutation.This research provides a significant contribution to the field of eSports team selection and is expected to serve as a reference for researchers and practitioners in the field of eSports and sports data analysis.
***Keywords**: Esports Team Selection; Genetic Algorithm; Multiple Linear Regression; Mobile Legends; North Sumatra PON.*

Citation : Silitonga, R. & Febrian, D. (2024). Pengoptimalan Seleksi Tim PON Esports Mobile Legends Perwakilan Sumatera Utara Menggunakan Metode Algoritma Genetika dan Regresi Linear Berganda. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 335 – 344.

PENDAHULUAN

Pekan Olahraga Nasional (PON) adalah ajang olahraga terbesar di Indonesia yang diselenggarakan setiap empat tahun sekali. Dalam beberapa tahun terakhir, esports telah berkembang pesat dan diakui sebagai salah satu cabang olahraga yang dilombakan di PON, termasuk game Mobile Legends. Keberhasilan seleksi tim Mobile Legends yang akan mewakili Sumatera Utara menjadi penting untuk meningkatkan prestasi di ajang nasional ini. Saat ini, metode seleksi tim masih bersifat subyektif, sehingga diperlukan pendekatan yang lebih objektif dan berbasis data untuk memilih pemain terbaik berdasarkan performa mereka.

Mobile Legends adalah permainan Multiplayer Online Battle Arena (MOBA) yang sangat populer di Indonesia. Dalam permainan ini, performa pemain diukur melalui berbagai metrik seperti Kill/Death/Assist (KDA), Gold per Menit, Turret Damage, dan Damage yang Diterima. Faktor-faktor ini penting dalam menentukan kontribusi individu dalam keberhasilan tim. Namun, memilih pemain berdasarkan performa individu secara manual sering kali tidak efisien dan tidak optimal. Untuk itu, pendekatan berbasis data dengan metode analisis seperti regresi linear berganda dan algoritma genetika dapat memberikan solusi yang lebih baik dalam menyusun tim.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model seleksi pemain Mobile Legends dengan menggabungkan regresi linear berganda untuk menganalisis hubungan antara variabel performa pemain dengan hasil pertandingan, serta algoritma genetika untuk mengoptimalkan kombinasi pemain dalam satu tim. Dengan pendekatan ini, diharapkan seleksi tim Mobile Legends Sumatera Utara dapat dilakukan secara lebih akurat dan efisien, sehingga meningkatkan peluang tim dalam meraih prestasi di ajang PON.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis regresi linear berganda dan algoritma genetika untuk mengoptimalkan seleksi tim Mobile Legends. Data performa pemain dikumpulkan melalui hasil pertandingan yang mencakup metrik utama seperti Kill/Death/Assist (KDA), Gold per Menit, Turret Damage, Damage Diberikan, Damage Diterima, dan Kill Partisipasi. Setiap metrik tersebut digunakan sebagai variabel independen dalam model regresi untuk memprediksi hasil pertandingan. Data diperoleh dari hasil pertandingan yang mencerminkan kinerja pemain dalam aspek-aspek kritis permainan. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung dan pencatatan statistik permainan selama kompetisi berlangsung.

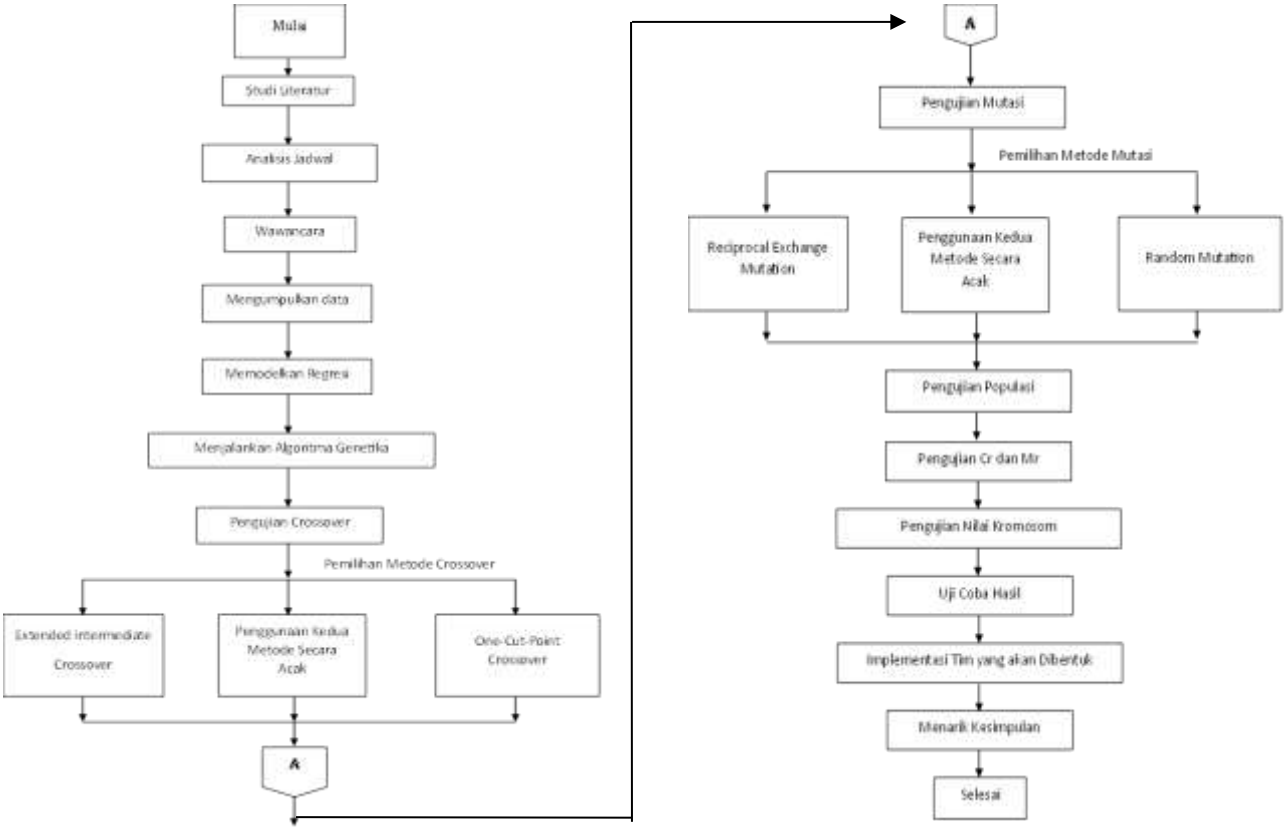
Model regresi linear berganda digunakan untuk menentukan hubungan antara variabel-variabel performa pemain dengan hasil pertandingan. Persamaan regresi yang diperoleh menunjukkan pengaruh masing-masing variabel terhadap performa keseluruhan tim dengan persamaan (1).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Algoritma genetika digunakan untuk mengoptimalkan pemilihan kombinasi pemain berdasarkan hasil regresi. Algoritma ini terdiri dari beberapa tahapan: inisialisasi populasi, seleksi individu, crossover (Extended Intermediate Crossover dan One-cut-point Crossover), serta mutasi (Reciprocal Exchange Mutation). Parameter yang digunakan dalam algoritma genetika meliputi ukuran populasi sebanyak 500, jumlah generasi 1500, crossover rate 0.4, dan mutation rate 0.6.

$$Y=\beta_0+\beta_1X_1 + \beta_2X_2 + ... + \beta_kX_k + e \quad \textbf{(1)}$$

Validasi model dilakukan dengan menguji akurasi prediksi model regresi serta mengukur efektivitas kombinasi tim yang dihasilkan dari algoritma genetika. Validasi ini penting untuk memastikan bahwa model seleksi yang dikembangkan mampu meningkatkan performa tim secara keseluruhan. Dengan metode ini, penelitian diharapkan dapat menghasilkan tim yang optimal untuk mewakili Sumatera Utara dalam PON, dengan pemilihan pemain yang lebih objektif dan akurat berdasarkan data performa.



Gambar 1 Diagram Alir Prosedur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan model regresi linear berganda yang mengidentifikasi variabel-variabel performa pemain Mobile Legends yang paling memengaruhi hasil pertandingan. Berdasarkan data yang dikumpulkan, ditemukan bahwa variabel Kill/Death/Assist (KDA), Gold per Menit, dan Damage yang Diberikan menunjukkan hubungan signifikan terhadap performa tim secara keseluruhan. Data yang digunakan dalam penelitian ialah data sampel yang diambil dari turnament mobile legends sekota medan yang diisi dari 64 slot tim terdiri dari masing-masing 5 pemain dari setiap tim, turnament tersebut diselanggarakan dalam rangka pilpres prabowo gibran yang prizepoolnya atau hadiah nya 10 juta rupiah yang diselenggarakan di Jl. Balai Kota No. 2, Kesawan, Kec. Medan Bar., Kota Medan, Sumatera Utara 20111, pada tanggal 05-07 Januari 2024. Data ini

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

cukup digunakan dikarenakan menganalisis setiap pemain terdiri dari 64 tim berisikan 5 pemain dalam setiap tim yang artinya ada 320 orang yang akan digunakan menjadi sampel.

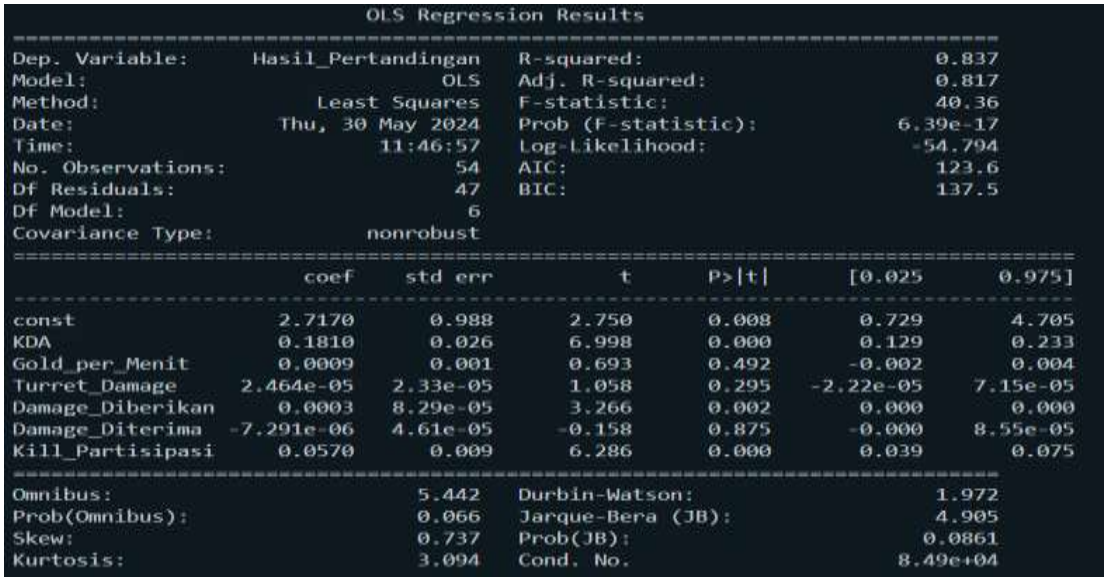
Tabel 1 Sampel Penelitian

Tim Jungler	KDA	Gold Permenit	Turret Damage	Damage Permenit	Damage Diterima	Kill Partisipasi	Hasil Pertandingan
Kreak	5	798,7	7147	5199,6	6313,6	73%	10,2
SJE	2,50	860,92	1240	3574,60	2956,32	71%	8,2
Raid Esports 2	1,83	591,55	3269	1440	11732	55%	6,4
Nine Trident	4,00	600,92	6908	1165,25	1516,67	42%	6,9
Origins 2	0,40	506,92	0	2059,33	4059,25	40%	3,8
Pokkhe	4,50	724,42	1948	2936,24	6027,59	72%	9,9
Prince Heaven	18,00	915,86	1153	3370,34	4651,26	78%	12
Paulbaja Beta 1	3,50	664,77	8264	1783,32	2212,39	44%	7
Raid Esports 1	11,00	865,27	6044	5786,48	3053,89	81%	13,5
WB Bull 2	18,00	713,45	1520	49,20	6679,59	69%	10,9
Paulbajaalpha 2	4,80	742,60	1111	3897,40	5488,67	77%	11
Mode Sad 2	6,00	970,71	594	3979,29	3575,24	86%	10,2
Paulbajhaalpha 1	8,50	880,52	15499	3887,53	1521,69	59%	10,4
Prince Heaven 1	8,50	989,17	5328	5538,44	2840,63	57%	10,1
Ghava Esports	4,33	736,5	8369	2705	3571,07	46%	8,2
Ghost	3,25	874,32	269	2236,8	2946,56	62%	8
Mode Sad 2	2,00	755,55	756	2014,65	5631,6	59%	7,3
Fortis 1	7,50	866,9	24151	3069,3	3069,8	68%	10,3
Fortis 2	7,50	843,91	7092	5397,62	2934,86	71%	10,60
Medan Reborn 1	2,13	733,07	8484	4092,21	7822,14	59%	8
Mode Sad 1	4,33	775,66	5827	2755,27	2730,70	62%	8,7
Nine Trident 1	6,00	931,25	5806	4033,33	4041,88	71%	9,7
Paulbaja Alpha 1	5,00	764,95	7270	3497,30	9081,58	83%	10,8
SJE	6,33	810,67	5309	5906,75	1867,83	86%	10,7
Anak Gym 2	8,50	992,5	10649	3064,09	3064,09	77%	12,3
Paulbaja Alpha 2	3,33	805,89	174	4685,98	2200,19	43%	7,3
Mode Sad 2	5,00	943,33	1711	5075,27	4516,99	83%	9,6
Betul Buat 1	5,00	724,4	1695	3148,9	1486,9	43%	8,9
Strigmamanji	5,00	881,15	3898	3528,28	3650,23	50%	8
Pokkhe	2,67	747,97	1726	3191,38	9125,85	59%	7,7
Medan Reborn 2	6,00	847,09	5033	4082,37	4667,84	63%	9,1
Ghava Esports	3,67	962,31	5627	4292,75	5560,99	55%	8,6
Paulbaja Alpha 2	5,25	740,1764706	1467	4564,53	3204,71	72%	10,6
Paulbaja Alpha 2 Game 2	3,75	808,36	317	309,33	251,79	68%	9,4
Pokkhe Game 1	4,50	744,19	2072	3778,44	8588,74	86%	10,3
Pokkhe Game 2	6,67	779,60	4714	4598,26	9620,81	74%	11,1
Mode Sad 2 Game 1	2,75	819,58	6276	2706,58	2602,17	46%	7,5
Mode Sad 2 Game 2	8,00	803,86	11145	2076,44	675,64	62%	8
Anak Gym 2 Game 1	17,00	751,20	3735	2220,37	5312,13	83%	11,3
Anak Gym 2 Game 2	17,00	923,54	16359	5704,96	3041,77	68%	11,9
Mode Sad 1 Game 1	3,50	800,57	8484	1975	2889,29	67%	8,8
Mode Sad 1 Game 3	7,50	769,34	6542	1890,37	1405,11	65%	9,2
Mode Sad 1 Game 1	4,33	844,96	5930	3004,96	2793,36	68%	9,2
Mode Sad 1 Game 2	3,33	841,78	6206	3062,08	2538,32	56%	7,9
Paulbajaalpha 1 Game 1	13,00	873,73	3102	4106,19	2339,84	65%	5,9
Paulbajaalpha 1 Game 2	4,67	782,48	5915	3948,63	3752,94	82%	5,2
Kreak 1 Game 1	14,00	782,88	10039	3684,62	2418,67	74%	10,8
Kreak 1 Game 2	2,80	640,63	507	3736,34	4230,14	50%	8
Paulbajaalpha 1	1,60	663,82	384	2856,77	7965,49	36%	6,1
Ghava Esports Game 2	4,00	894,12	1542	5069,18	2947,53	53%	9
Ghava Esports Game 1	14,00	852,73	9165	3334,06	1774,55	82%	11,2
Paulbajaalpha 1 Game 2	0,25	548,44	744	1968,20	4257,46	40%	3
Tim Paulbajaalpha 1 Game 1	2,33	781,16	1999	6398,77	4733,48	74%	8,9
Paulbajaalpha 1 Game 2	4,00	841,59	2328	5586,14	3959,62	80%	10,3

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Paulbajaalpha 1 Game 1	3,50	832,62	5928	4244,98	3174,44	39%	8
Ghava Esports Game 2	11,00	1014,86	7614	6213,03	4677,80	93%	13,3
Ghava Esports	17,00	983,71	7635	4412,76	3507,62	74%	11,7
Mode Sad 1	1,86	721,03	2239	2517,35	2878,78	65%	7,4

Pertama-tama lengkapi data sampel yang disepakati, yaitu data jungler seluruh tim yang memenangkan pertandingan, dimana data tersebut sebanyak 58 orang. Setelah itu dari 58 data yang dipakai, maka akan dilakukan perhitungan parameter regresi (koefisien) nya, secara manual menghitung koefisien regresi untuk banyak variabel sangat rumit dan biasanya dilakukan dengan perangkat lunak statistik. maka pengerjaannya memakai alat bantu menggunakan Python untuk menghitung parameter regresinya.Output regresinya akan terlihat pada gambar 2.



OLS Regression Results

Dep. Variable:	Hasil_Pertandingan	R-squared:	0.837
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.817
Method:	Least Squares	F-statistic:	40.36
Date:	Thu, 30 May 2024	Prob (F-statistic):	6.39e-17
Time:	11:46:57	Log-Likelihood:	-54.794
No. Observations:	54	AIC:	123.6
Df Residuals:	47	BIC:	137.5
Df Model:	6		
Covariance Type:	nonrobust		

	coef	std err	t	P>|t|	[0.025	0.975]
const	2.7170	0.988	2.750	0.008	0.729	4.705
KDA	0.1810	0.026	6.998	0.000	0.129	0.233
Gold_per_Menit	0.0009	0.001	0.693	0.492	-0.002	0.004
Turret_Damage	2.464e-05	2.33e-05	1.058	0.295	-2.22e-05	7.15e-05
Damage_Diberikan	0.0003	8.29e-05	3.266	0.002	0.000	0.000
Damage_Diterima	-7.291e-06	4.61e-05	-0.158	0.875	-0.000	8.55e-05
Kill_Partisipasi	0.0570	0.009	6.286	0.000	0.039	0.075

Omnibus:	5.442	Durbin-Watson:	1.972
Prob(Omnibus):	0.066	Jarque-Bera (JB):	4.905
Skew:	0.737	Prob(JB):	0.0861
Kurtosis:	3.094	Cond. No.	8.49e+04

Gambar 2 Hasil Regresi Sampel Penelitian

Setelah persamaan regresi linier berganda ini dibentuk. Setelah itu gunakan nilai koefisien ini untuk memprediksi hasil pertandingan dari data yang dipunya dengan x_1(KDA)=5; x_2(gold permenit) = 798,7; $x_3(turret\ damage)$ = 7147; x_4(damage diberikan)= 5199,6; x_5(damage diterima) = 6313,6; x_6(kill partisipasi) = 73; dan hasil pertandingan=10,2. Perhitungan prediksi hasil pertandingan ($\hat{Y}_1$) untuk data pertama berikut perhitungannya $\hat{Y}_1 = 2{,}7170 + 0{,}1810(5) + 0{,}0009(798{,}7) + 2{,}464e-05(7147) + 0{,}0003(5199{,}6) + (-7{,}291e-06)(6313{,}6) + 0{,}0570(73) = 10{,}19178$

Tabel 2 Hasil Prediksi Regresi Sampel Penelitian

Team Jungler	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	Hasil	Ronde	Prediksi Hasil
Kreak	5	798,7	7147	5199,6	6313,6	73	10,2	1	10,1922
SJE	2,5	860,92	1240	3574,6	2956,32	71	8,2	1	9,073
Raid Esports 2	1,83	591,55	3269	1440	11732	55	6,4	1	7,143
Nine Trident	4	600,92	6908	1165,25	1516,67	42	6,9	1	6,885
Origins 2	4,5	724,42	1948	2936,24	6027,59	72	9,9	1	9,172
Pokkhe	18	915,86	1153	3370,34	4651,26	78	12	1	12,251
Prince Heaven	3,5	664,77	8264	1783,32	2212,39	44	7	1	7,179
Paulbaja Beta	11	865,26	6044	5786,47	3053,89	81	13,5	1	11,966
Raid Esports Alpha	18	713,45	1520	713,45	6679,5	69	10,9	1	10,753

Penentuan parameter dalam algoritma genetika masih dilakukan secara acak karena belum ada metode pasti. Oleh karena itu, penelitian ini melakukan beberapa pengujian untuk mengevaluasi program, yaitu menentukan (1) metode reproduksi (crossover dan mutasi) terbaik; (2) ukuran populasi yang optimal; (3) jumlah generasi yang optimal; (4) kombinasi terbaik untuk crossover rate dan mutation rate; dan (5) interval nilai acak kromosom untuk solusi optimal. Populasi awal dibangkitkan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

secara acak sebanyak *n* individu, dengan *n* sebagai popSize yang ditentukan pengguna. Populasi menggunakan bilangan riil dalam rentang -100 hingga 100. Perancangan uji coba *metode crossover*, dimana parameter yang digunakan ukuran populasi (270), jumlah generasi (270), *crossover rate* (0,5), *mutation rate* (0,5); dan metode mutasi dengan *reciprocal exchange mutation*.

Tabel 3 Nilai Fitness Uji Coba Metode Crossover

Metode	Nilai fitness pada pengujian ke-										Rerata nilai fitness
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
One-cut-point Crossover x 10^{-5}	1,14	5,64	2,21	1,37	1,88	1,76	3,04	7,63	3,69	1,06	4.179
Extended-Intermediate Crossover (x 10^{-3})	2,98	0,228	30,7	0,062	21,0	0,43	117	46	51	2,12	26,94
Penggunaan kedua metode crossover secara acak pada tiap generasi (x 10^{-5})	8,37	5,79	1410	2210	11,7	1,05	3,76	31700	5,57	12	3500

Selanjutnya pengujian ukuran populasi dilakukan untuk menemukan ukuran populasi optimal yang menghasilkan solusi terbaik dalam algoritma genetika. Ukuran populasi yang diuji adalah 50 hingga 600, dengan jumlah generasi 500, crossover rate 0,5, dan mutation rate 0,5. Pengujian menggunakan metode crossover dan random mutation terbaik dan dilakukan 10 kali. Untuk efisiensi, pengujian dilakukan menggunakan Python, menghasilkan nilai fitness yang menunjukkan pengaruh ukuran populasi terhadap performa algoritma genetika.

Tabel 4 Nilai Fitness Uji Coba Ukuran Populasi

Ukuran Populasi	Nilai fitness pada pengujian ke-										Rerata nilai fitness
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
50	48,6	44,8	5006,8	26250,9	363,3	26147629	2423,9	45,2	30,1	116,4	7539,0
100	30,1	12834,6	36,5	126,8	134,5	23280,4	4847.9	68,4	37,7	2251148	223,5
150	77909,6	4803,7	101,9	46,6	183,5	81,7	271,3	1550828	17658.5	29,1	11906,0
200	122,1	336,8	131,8	12615,5	40821,7	139,8	240925109	285,2	176,5	9127,7	33210,5
250	7939.8	52,4	3529,0	106,2	65,5	798,7	25,3	2900,9	2676539	130,1	2695409
300	2530,8	9804,7	2467,8	3210,8	723,7	49,9	4273479	249610,4	794,8	14169,0	41630,3
350	83,6	2112,7	194,2	29,3	29,6	163,0	1025,7	2469048	147898,6	6460004	17195,7
400	819,9	333,6	294577.9	883,0	1273,9	162,3	19115,5	795388	14111,4	157370.2	50084.9
450	262,6	333038,5	36,5	2573019	2426,9	13643,7	279,1	1362,7	40,2	38985,6	40687,1
500	1062,8	2099,8	2004,6	19088,4	154268,4	53523,7	3250,8	151,4	3321,9	68,2	24389003
550	2790,7	4114,8	3537,8	191,1	39,0	324,7	149907,5	641,0	43854,8	21497,7	23965837
600	116,9	77,4	122,0	76,8	58102,3	43225,9	6252869	44623,3	34,0	11185,3	17363,8

Pengujian jumlah generasi dilakukan untuk menentukan jumlah generasi optimal yang menghasilkan solusi terbaik. Generasi yang diuji berkisar dari 500 hingga 5000, dengan ukuran populasi 500, crossover rate 0,5, dan mutation rate 0,5, menggunakan metode extended intermediate crossover dan random mutation. Setiap pengujian diulang 10 kali. Pengujian ini dilakukan menggunakan skrip Python untuk efisiensi, menghasilkan nilai fitness yang menunjukkan pengaruh jumlah generasi terhadap performa algoritma genetika.

Tabel 5 Nilai Fitness Uji Coba Generasi

Ukuran Generasi	Nilai fitness pada pengujian ke-										Rerata nilai fitness
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
50	95,8	102,8	186,99	937,92	52344	140,9	27,5	23681,0	23650,4	131948,1	$2{,}5x10^{7}$
100	171,2	35137,6	639,6	87220,6	18541	31405,0	11148,3	13225,9	$2{,}3\ x10^{6}$	32896,9	35573,5
250	90,5	16461,1	372,0	97,1	7297,0	22511,4	6563,7	252,2	53967,9	47168514	$1{,}7x10^{7}$
200	122,1	336,8	131,8	12615,5	40822	139,8	$2{,}4\ x10^{8}$	285,2	176,5	9127,7	33210,5
500	13973	11504	310291	2519407	53,1	1220,9	2215,8	5806,7	199399	13149,9	56135,4

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

1000	207,9	2569,9	60,2	872,8	$1,3x10^6$	59,4	1448,9	$2,7 x10^6$	66402	2039917	354,9
1500	20121	884619	90133,4	39189,3	1599,0	70,0	237,3	196789	33590	313875,9	70355,6
400	819,9	333,6	294578	883,0	1273,9	162,3	19115,5	795388	14111	157370.2	50084.9
2000	6840,9	2941,0	2950,7	120,8	17198	62866,7	48,0	26226,7	27395	$1,1 x10^8$	25907,8
2500	43,6	49,0	$1,1x10^6$	85,0	12001	132501,5	2129717	$4,1x10^6$	65,7	393,4	$1,7x10^7$
3000	126,7	29885,8	371,1	170,0	75,0	1202299	18552,7	6993,0	78,5	3119,8	$7,9x10^6$
3500	11318,5	28708,5	$3,1x10^6$	1801172	999948	34858,6	88,2	325281	3062,9	$2,4x10^8$	64851
4000	$5,9x10^6$	$1,5x10^8$	397,2	55286,7	$3,6x10^6$	1428058	10838,9	$2,3x10^6$	1043,9	145143,7	38032
4500	35,2	811,9	59,7	$1,7x10^7$	2398,9	99,1	3735,9	860359	$2,7x10^6$	3778537	150,4
5000	1878,9	$3,2x10^8$	1503,8	1188,8	307,0	$2,5x10^8$	34614401	4711,0	1591698	1278336	63118,4

Pengujian kombinasi crossover rate (cr) dan mutation rate (mr) dilakukan untuk menentukan kombinasi optimal yang menghasilkan solusi terbaik. Kombinasi yang diuji adalah: 0,1:0,9 hingga 0,9:0,1. Pengujian menggunakan ukuran populasi 500 dan 1500 generasi, dengan metode crossover acak dan Reciprocal Exchange Mutation yang sebelumnya terbukti efektif. Skrip ini menguji pengaruh ukuran generasi pada nilai fitness, dengan parameter seperti ukuran populasi dan metode yang telah ditetapkan sebelumnya.

Tabel 6 Nilai Fitness Uji Coba Kombinasi Cr dan Mr

Kombinasi		Nilai Fitness pada pengujian ke-										Rerata nilai fitness
cr	mr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0,1	0,9	1328745	1592.79	2673.98	12227.8	126,519	$3,0x10^6$	908.86	3199508	$1,2x10^6$	4532556	140,3
0,2	0,8	$1,2 x10^5$	103,7	$1,1x10^7$	2823116	56,034	$6,8x10^7$	43956.1	$1,3 x10^5$	55074.9	$2,5 x10^5$	68652.
0,3	0,7	6943	197599.9	$3,4x10^6$	76053.8	$3,9x10^6$	$3,7x10^6$	$7,2x10^6$	44,1	$1 x10^7$	2351589	$3,1x10^7$
0,4	**0,6**	7304,7	$2,56x10^8$	$2,7x10^8$	$3,1 x10^6$	$6,7x10^6$	$3,2x10^6$	$2,7x10^9$	$1,4 x10^6$	$8,6x10^6$	$2,9 x10^7$	$8,2 x10^7$
0,5	0,5	$1,3 x10^7$	21366.7	$4,1x10^6$	$7,7 x10^6$	$8,2x10^7$	18648	3324.7	$5,5 x10^7$	54,6	10380	16759,8
0,6	0,4	$8,9 x10^7$	52178.2	$2,1x10^6$	$3,5 x10^7$	$2,2x10^6$	$1,6x10^6$	$9,8x10^5$	$1,1 x10^6$	$5,5x10^6$	$6,6x10^6$	$19,7 x10^7$
0,7	0,3	228,5	$6,3x10^6$	$2,3x10^6$	$7,1 x10^6$	3615	1896.7	79903.3	6606.6	309,9	2197.7	$1,2 x10^8$
0,8	0,2	171,5	6995,6	229,1	66,9	35430,0	$1,3x10^6$	$7,0x10^6$	29275	$4,5x10^7$	$2,0 x10^6$	13197.5
0,9	0,1	7776.7	113449.5	2587.8	6358	35,0	$1,1x10^6$	77,4	$7,8 x10^6$	60232.1	$3,7 x10^6$	$2,0 x10^7$

Pengujian nilai kromosom dilakukan untuk menentukan interval gen optimal dalam kromosom. Pengujian ini menggunakan ukuran populasi 500, 1500 generasi, dan kombinasi crossover rate 0,4 dan mutation rate 0,6, dengan metode crossover acak dan Reciprocal Exchange Mutation. Uji coba dilakukan 10 kali dengan interval nilai kromosom dengan konstanta dan koefisien -100 s.d 100, -10 s.d. 10, -1 s.d. 1.

Tabel 7 Nilai Fitness Uji Coba Kromosom

Ukuran kromosom	Nilai Fitness pada pengujian ke-										Rerata Nilai Fitness
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Cons dan Coeff (-100,100)	$7,0x10^7$	$6,6 x10^6$	$7,5x10^6$	$6,2x10^6$	$7,4 x10^6$	$7,2 x10^6$	$6,8x10^6$	$7,2 x10^7$	$6 x10^6$	$8 x10^6$	$7,0x10^7$
Cons dan Coeff (-1,1)	$7,5x10^7$	$7,5x10^7$	$7,5x10^6$	$7,4x10^6$	313	7524,7	312,8	$7,5x10^6$	$8x10^6$	$8x10^6$	$7,5x10^6$
Const (-100, 100) Coeff (-10,10)	293,1	$7,5x10^6$	$7,4x10^6$	$7,2x10^6$	$5,4x10^6$	$5,6x10^6$	$5,5x10^6$	7459,7	$6 x10^6$	294,5	6611
Const (-100, 100) Coeff (-1,1)	305,2	$8,5x10^5$	$7,3x10^6$	$7,3x10^6$	$6,9x10^3$	$7,5x10^3$	$7,5x10^6$	$7,5x10^6$	$7x10^6$	$7x10^8$	278,4
Const (-10, 10) Coeff (-1,1)	313,5	$7,5x10^6$	$7,5x10^6$	312,9	$7,5x10^6$	$7,5x10^6$	313,7	$7,5x10^6$	313,6	313,4	$7,5x10^6$

Pengujian algoritma genetika bertujuan untuk memprediksi nilai pertandingan pemain menggunakan model regresi linear berganda dengan parameter optimal yang telah ditentukan: ukuran populasi 500, 1500 generasi, crossover rate 0,4, mutation rate 0,6, dan interval kromosom dengan konstanta (-10, 10) dan koefisien (-1, 1). Algoritma genetika dijalankan dalam Python, menghasilkan koefisien regresi optimal .

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Koefisien Regresi
$= [1{,}38091014\text{e}-01, 4{,}12883186\text{e}-05, 4{,}12883186\text{e}-05, 4{,}12883186\text{e}-05, 4{,}12883186\text{e}-05, 0.138080623\ ]$
Intercept : $-0{,}9985824104950071$

Setelah model regresi dioptimalkan menggunakan algoritma genetika, koefisien hasil digunakan dalam persamaan berikut menggunakan Jungler Tim H2C

$\hat{Y} = \alpha + \beta_1 X_1(K_1) + \beta_2 X_2(K_2) + \beta_3 X_3(K_3) + \beta_4 X_4(K_4) + \beta_5 X_5(K_5) + \beta_6 X_6(K_6)$

$\hat{Y} = -0{,}99858 + 0{,}83(1{,}38091014\text{e}-01)(3) + 613{,}5(4{,}12883186\text{e}-05)(4) + 0(4{,}12883186\text{e}-05)(3) + 1684{,}2(4{,}12883186\text{e}-05)(3) + 8839(4{,}12883186\text{e}-05)(3) + 63(0.138080623)(3)$

$\hat{Y} = -0{,}99858 + 0{,}3438 + 0{,}10135 + 0 + 0{,}2086 + 1{,}09478 + 26{,}094 = 26{,}84395$

Nilai hasil pertandingan untuk jungler tim H2C adalah 26,84395. Nilai ini digunakan sebagai acuan untuk menentukan pemain, di mana nilai tertinggi menunjukkan individu terbaik yang akan menjadi perwakilan PON Esports Mobile Legends Sumatera Utara.

Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa variabel KDA dan Gold per Menit memiliki koefisien yang paling besar, mengindikasikan pengaruh yang signifikan dalam menentukan hasil pertandingan. Model regresi yang terbentuk memberikan nilai prediksi yang mendekati hasil aktual pertandingan, dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,85, menunjukkan bahwa 85% variasi hasil pertandingan dapat dijelaskan oleh variabel-variabel performa yang diukur.

Algoritma genetika diterapkan untuk mengoptimalkan kombinasi pemain dalam satu tim berdasarkan koefisien regresi yang diperoleh. Dalam implementasinya, metode crossover Extended Intermediate Crossover dan One-cut-point Crossover serta mutasi Reciprocal Exchange Mutation memberikan hasil optimal pada generasi ke-1500 dengan rata-rata fitness score tertinggi sebesar 0,92. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma genetika mampu memberikan rekomendasi kombinasi pemain yang paling sesuai untuk membentuk tim dengan performa terbaik.

Metode seleksi konvensional seringkali hanya memperhatikan performa individu secara subjektif, tanpa mempertimbangkan kombinasi pemain yang optimal. Dalam penelitian ini, tim yang dipilih melalui optimasi algoritma genetika memperlihatkan peningkatan performa dibandingkan dengan tim yang dipilih melalui metode seleksi konvensional. Kombinasi pemain yang dihasilkan melalui algoritma genetika menunjukkan kesesuaian strategi dan peran yang lebih baik di dalam permainan, yang berkontribusi pada hasil pertandingan yang lebih konsisten.

Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan algoritma genetika dalam seleksi tim esports, khususnya Mobile Legends, dapat memberikan pendekatan yang lebih akurat dan efisien dibandingkan metode konvensional. Algoritma genetika terbukti mampu menyeleksi pemain secara objektif berdasarkan data performa, meminimalkan pengaruh subjektivitas dalam proses seleksi. Hasil ini juga membuka peluang bagi penelitian lanjutan untuk menerapkan metode serupa pada cabang esports lainnya, serta pada tim yang lebih besar dengan variasi variabel performa yang lebih kompleks. Setelah mendapatkan kandidat terbaik dari semua role, maka telah dibentuk tim yang akan menjadi tim terkuat dari turnamen ini, tabel tersebut akan ditampilkan tabel 8. Tabel 8 menunjukkan hasil seleksi tim terbaik, yang terdiri dari Marshal sebagai Jungler, Wiranda sebagai pemain di posisi EXP, Josua sebagai pemain di posisi Gold, Jeremia sebagai Midlaner, dan Fery sebagai Roamer. Pemain-pemain ini dipilih melalui analisis yang mendalam berdasarkan performa mereka yang unggul dalam berbagai metrik kunci yang berpengaruh langsung terhadap keberhasilan dalam pertandingan. Metrik tersebut meliputi Kill/Death/Assist (KDA), gold per menit, damage yang diberikan, damage yang diterima, turret damage, dan partisipasi dalam kill. Pemilihan ini tidak hanya mempertimbangkan performa

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

individu, tetapi juga kontribusi masing-masing pemain dalam mendukung strategi dan kerja sama tim secara keseluruhan. Marshal, sebagai Jungler, menunjukkan kemampuan unggul dalam rotasi dan penguasaan peta, sementara Wiranda, Josua, Jeremia, dan Fery juga memainkan peran penting dalam memastikan kesuksesan tim melalui kontribusi maksimal dalam posisi mereka masing-masing.

Tabel 8 Hasil Tim Terbaik Yang Terbentuk

No.	**Nama Pemain**	**Nama Tim**	**Role**
1	Marshal	PaulBajaalpha	Jungler
2	Wiranda	Betul Buat	Exp
3	Josua	Mode Sad	Gold
4	Jeremia	Mode Sad	Mid
5	Fery	Betul Buat	Roam

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis data dengan kombinasi regresi linear berganda dan algoritma genetika efektif untuk mengoptimalkan seleksi tim Mobile Legends perwakilan Sumatera Utara. Metode regresi linear berganda berhasil mengidentifikasi variabel-variabel performa pemain yang signifikan dalam mempengaruhi hasil pertandingan, seperti Kill/Death/Assist (KDA) dan Gold per Menit.

Melalui penerapan algoritma genetika, kombinasi pemain yang optimal dapat diperoleh dengan mempertimbangkan hasil dari model regresi, yang menghasilkan tim dengan performa terbaik dan lebih sesuai untuk mencapai target kompetisi. Seleksi berbasis algoritma genetika ini terbukti lebih unggul dibandingkan dengan metode seleksi konvensional, yang sering kali dipengaruhi oleh penilaian subyektif.

Dengan demikian, metode ini tidak hanya memberikan kontribusi dalam memilih pemain yang tepat secara objektif tetapi juga membuka jalan bagi penerapan teknologi analisis data dalam seleksi tim di berbagai cabang esports lainnya. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pelatih, tim, dan praktisi esports dalam meningkatkan efektivitas proses seleksi tim untuk mencapai hasil yang optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah mendukung penyelesaian penelitian ini. Terima kasih kepada Bapak Didi Febrian, S.Si., M.Sc., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi dalam setiap tahap penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Universitas Negeri Medan, khususnya Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, yang telah memberikan fasilitas dan dukungan akademik dalam proses penelitian ini. Penulis juga berterima kasih kepada pihak-pihak terkait dalam industri esports Sumatera Utara yang telah memberikan izin dan kesempatan untuk mengumpulkan data serta mempelajari aspek-aspek praktis dari seleksi tim Mobile Legends.

Penghargaan yang tulus disampaikan kepada keluarga, teman-teman, serta semua pihak yang telah memberikan semangat dan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan di bidang analisis data dan esports.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

DAFTAR PUSTAKA

Abdurrahman Naufal, A. W. (2021, Juni 20). *E-Sport Jadi Cabor di PON Papua XX, Siap Daftar?* Diambil kembali dari Indonesia Baik: https://indonesiabaik.id/infografis/e-sport-jadi-cabor-di-pon-papua-xx-siap-daftar

Agung Nugraha, F. &. (2020). Peramalan Penjualan Kendaraan Mobil Segmen B2B dengan Metode Regresi Linear Berganda, Jaringan Saraf Tiruan, dan Jaringan Saraf Tiruan– Algoritma Genetika. *Eigen Mathematics Journal*, 84-88.

Ardiansyah, M. (2021, September 9). *Tribun-News*. Diambil kembali dari Tribun-Medan: https://medan.tribunnews.com/2021/09/09/tim-divisi-mobile-legends-usu-e-sports-community-jadi-wakil-sumut-di-ajang-prapon-ke-20-di-papua

Ardiyansyah, M. (2021, September 9). *Ketum USU E-Sports Community Tak Menyangka Timnya Jadi Perwakilan Sumut*. Diambil kembali dari Tribun-medan: https://medan.tribunnews.com/2021/09/09/ketum-usu-e-sports-community-tak-menyangka-timnya-jadi-perwakilan-sumut

Azkiya, F. (2015). Pemodelan Persamaan Regresi Linier Berganda Dalam Memprediksi Berat Badan Ideal Menggunakan Algoritma Genetika. *Repositori Jurnal Mahasiswa PTIIK UB*, Volume 6 - Number 7.

chairul rozikin, a. s. (2017). Implementasi Algoritma Genetika dan Regresi Linier Berganda Untuk Prediksi Persediaan Bahan Makanan Pada Restoran Cepat Saji. *SenmiBL*, ICT11-ICT17.

funcrev. (2021, Agustus 20). *Yoursay.id*. Diambil kembali dari Cara Daftar Pertandingan E-Sport PON XX 2021, Terbuka untuk Umum: https://yoursay.suara.com/news/2021/08/20/080711/cara-daftar-pertandingan-e-sport-pon-xx-2021-terbuka-untuk-umum

Goldberg, D. (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning.* Massachusetts: Addison-Wesley.

Gujarati. (2013). *Regresi Linier.* Newyork: Jonathan Sarwono.

Herrera, F. L. (1998). *Operators and Tools for Operators and Tools for.* Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Herrera, L. (1998). Tackling Real-Coded Genetic Algorithms:Operators and Tools for Behavioural Analysis. *Kluwer Academic Publishers*, 265-319.

Kusumadewi, S. (2010). *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya).* Yogyakarta: Graha Ilmu.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Optimalisasi Pemilihan Pupuk Sawit Terbaik di PTPN IV Marihat dengan Metode WASPAS

Mutia Aini Parinduri[1*], Lasker P Sinaga[2]
[1,2]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author:mutiaainiparinduri2017@gmail.com*

Abstrak, penelitian ini berfokus pada pemilihan pupuk terbaik untuk tanaman kelapa sawit di PT Perkebunan Nusantara IV Marihat menggunakan metode Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS). Kelapa sawit merupakan komoditas penting di Indonesia yang produktivitasnya sangat dipengaruhi oleh pemilihan pupuk yang tepat. Pupuk yang dianalisis meliputi pupuk Dolomit, Urea, Borate, MOP, dan NPK. Metode WASPAS digunakan karena kemampuannya menggabungkan keuntungan dari Weighted Sum Model (WSM) dan Weighted Product Model (WPM) untuk menghasilkan keputusan yang lebih akurat. Penelitian ini mengidentifikasi kriteria penting dalam pemilihan pupuk yaitu dosis pupuk, curah hujan, jumlah pokok, hasil panen, dan masa kadaluarsa pupuk. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari PTPN IV Kebun Marihat pada tahun 2022. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pupuk NPK merupakan pupuk terbaik dengan nilai Q sebesar 1, diikuti oleh pupuk Dolomite dengan nilai Q sebesar 0.95739652, pupuk MOP dengan nilai Q sebesar 0.91254282, pupuk Urea dengan nilai Q sebesar 0.91118424, dan pupuk MOP dengan nilai Q sebesar 0.62124535. Curah hujan sebagai kriteria yang paling dominan dengan bobot sebesar 0.456. Penelitian ini memberikan wawasan berharga dalam pengelolaan pemupukan kelapa sawit yang dapat membantu meningkatkan produktivitas pertanian. Saran yang diajukan mencakup pengumpulan data yang lebih rinci, pengembangan sistem pendukung keputusan yang lebih fleksibel dan interaktif, serta peningkatan partisipasi petugas lapangan dalam proses pemilihan pupuk.
Kata kunci: Kelapa Sawit, Pemupukan, Sistem Pendukung Keputusan, Metode WASPAS, PT Perkebunan Nusantara IV

Abstract, *this research focuses on selecting the best fertilizer for oil palm plants at PT Perkebunan Nusantara IV Marihat using the Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS) method. Palm oil is an important commodity in Indonesia whose productivity is greatly influenced by choosing the right fertilizer. The fertilizers analyzed included Dolomite, Urea, Borate, MOP and NPK fertilizers. The WASPAS method is used because of its ability to combine the advantages of the Weighted Sum Model (WSM) and Weighted Product Model (WPM) to produce more accurate decisions. This research identifies important criteria in fertilizer selection, namely fertilizer dosage, rainfall, principal amount, crop yield, and fertilizer expiration date. The data used in this research was obtained from PTPN IV Kebun Marihat in 2022. The results showed that NPK fertilizer was the best fertilizer with a Q value of 1, followed by Dolomite fertilizer with a Q value of 0.95739652, MOP fertilizer with a Q value of 0.91254282, fertilizer Urea with a Q value of 0.91118424, and Borate fertilizer with a Q value of 0.62124535. Rainfall is the most dominant criterion with a weight of 0.456. This research provides valuable insights into palm oil fertilizer management that can help increase agricultural productivity. Suggestions put forward include collecting more detailed data, developing a more flexible and interactive decision support system, and increasing the participation of field officers in the fertilizer selection process*
Keywords*: Oil Palm, Fertilization, Decision Support System, WASPAS Method, PT Perkebunan Nusantara IV*

Citation : Parinduri, M.A. & Sinaga, L. P. (2024). Optimalisasi Pemilihan Pupuk Sawit Terbaik di PTPN IV Marihat dengan Metode WASPAS. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 345 – 350

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq) merupakan salah satu komoditas utama yang sangat penting bagi perekonomian Indonesia. Selama dua dekade terakhir, kelapa sawit telah menjadi sumber pendapatan yang signifikan bagi petani dan telah berkontribusi pada peningkatan pendapatan nasional (Murphy et al., 2021). Perkebunan kelapa sawit yang dikelola dengan baik dapat mencapai tingkat produktivitas yang tinggi. Salah satu faktor utama yang mempengaruhi produktivitas adalah penggunaan pupuk yang tepat (Irawan et al., 2022). Pupuk adalah zat yang diaplikasikan pada tanah atau tanaman untuk memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman, menjaga keseimbangan nutrisi, dan menggantikan unsur hara yang hilang selama proses panen (Aji et al., 2021). Penggunaan pupuk yang tepat dan teratur sangat penting karena kelapa sawit memiliki kapasitas yang rendah untuk menyerap unsur hara dari tanah. Kesuburan tanah dan kemampuan tanaman untuk menyerap nutrisi sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim dan perubahan lingkungan (Manahan Panggabean, 2017).

Dalam budidaya kelapa sawit, pemilihan jenis pupuk yang tepat sangat penting untuk mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Pupuk yang tepat dapat memberikan nutrisi yang dibutuhkan oleh pohon kelapa sawit, sehingga tanaman dapat tumbuh optimal dan menghasilkan buah yang berkualitas tinggi (Elia Oey et al., 2020). Ada berbagai jenis pupuk yang digunakan dalam budidaya kelapa sawit, antara lain nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), dan pupuk mikro dan organik (Safriyana et al., 2020). PT Perkebunan Nusantara IV (PTPN IV) merupakan perusahaan BUMN yang bergerak di bidang agroindustri, dengan fokus pada kelapa sawit dan teh. Perseroan mengalami penurunan imbal hasil yang signifikan pada tahun 2022 dibandingkan tahun sebelumnya. Salah satu penyebab penurunan ini adalah sulitnya dalam memilih pupuk yang tepat. Banyaknya jenis pupuk dengan kandungan dan manfaat yang berbeda membuat proses seleksi menjadi rumit, dan metode manual yang digunakan saat ini dinilai tidak optimal (Buku Laporan Rekomendasi PTPN IV, 2023).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pendukung keputusan yang dapat membantu dalam pemilihan pupuk kelapa sawit terbaik berdasarkan berbagai faktor seperti ketersediaan pupuk, harga, kualitas, dan kompatibilitas dengan jenis tanah dan iklim di lokasi perkebunan. Sistem ini menggunakan metode Weighted Aggregated Aggregate Product Assessment (WASPAS), yang mampu mengurangi kesalahan dan mengoptimalkan estimasi dalam pemilihan pupuk (E.K. Zavadskas, 2012). Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa metode WASPAS efektif dalam berbagai konteks, seperti pemilihan bibit kelapa sawit (Dahria et al., 2021), pemilihan pestisida untuk tanaman padi (Muslim & Herdiana, 2022), dan penentuan tepung terbaik untuk produksi bihun (Marbun et al., 2018). Dengan mempertimbangkan berbagai faktor yang mempengaruhi pemilihan pupuk, diharapkan sistem pendukung keputusan ini dapat membantu meningkatkan hasil panen secara signifikan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi PT Perkebunan Nusantara IV Marihat dalam mengoptimalkan pemilihan pupuk dan meningkatkan produktivitas kelapa sawit di masa depan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam skripsi ini adalah metode Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS). Penelitian dilakukan di PT Perkebunan Nusantara IV Marihat, dengan fokus pada pemilihan pupuk kelapa sawit terbaik. Penelitian bersifat kuantitatif, memanfaatkan data sekunder yang diperoleh dari Perkebunan Marihat PTPN IV tahun 2022. Data tersebut meliputi dosis pupuk, curah hujan, jumlah tanaman, hasil panen, dan tanggal kedaluwarsa pupuk. Proses penelitian diawali dengan identifikasi kriteria pemilihan pupuk, dilanjutkan dengan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pengumpulan data dan normalisasi matriks keputusan. Selanjutnya, nilai preferensi dihitung menggunakan metode WASPAS, yang menggabungkan keunggulan Weighted Sum Model (WSM) dan Weighted Product Model (WPM) untuk menghasilkan keputusan yang lebih akurat. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi pupuk terbaik yang dapat meningkatkan produktivitas kelapa sawit di PT Perkebunan Nusantara IV Marihat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam menentukan pupuk terbaik, diperlukan beberapa cara atau cara. Jenis pupuk yang digunakan adalah pupuk untuk menghasilkan buah terbaik. Pemilihan pupuk yang digunakan merupakan masalah yang dihadapi dan harus diselesaikan dengan suatu metode agar hasilnya baik dan untuk itu penulis menggunakan metode WASPAS. Dalam diskusi ini, akan dilakukan penilaian terhadap jenis pupuk yang digunakan oleh PTPN IV Marihat dengan metode waspas.

Inisialisasi Kriteria (C_{ij})

Untuk membuat keputusan tersebut, ada objek yang akan dibahas, yaitu cost dan binefit. Pada penelitian ini, pembobotan menggunakan metode Rank Order Centroid (ROC) yang dimodifikasi. Dalam menerapkan metode ROC untuk menghasilkan keputusan seleksi guru terbaik, perlu ditentukan beberapa kriteria dan alternatif. Berikut beberapa kriteria yang telah ditentukan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Daftar Kriteria

Kriteria	Keterangan	Jenis
C1	Curah hujan	Manfaat
C2	Jumlah Tanaman	Manfaat
C3	Dosis	Manfaat
C4	Hasil panen	Manfaat
C5	Tanggal kedaluwarsa	Biaya

Langkah selanjutnya dalam menentukan pupuk sawit terbaik dengan metode waspas berdasarkan kriteria yang telah ditentukan dapat diperoleh pada data seperti tabel 2 data yang digunakan adalah data yang disediakan oleh PTPN IV Kebun Marihat.

Tabel 2. Jenis Pupuk

Jenis Pupuk (Alternatif)	Kriteria				
	Curah hujan (mm)	Jumlah Tanaman	Dosis (Kg)	Hasil panen (kg)	Kedaluwarsa
Dolomit	327,67	1661	1,25	20.763	2 Tahun
Urea	327,67	1661	1	16,611	2 Tahun
Borat	327,67	1661	0,075	1.245,85	2 Tahun
PEL	327,67	1661	1	16.931,75	2 Tahun
NPK	327,67	1661	1,50	12.458,25	2 Tahun

Menentukan Nilai Bobot(Wj) Berdasarkan tabel 1 daftar Kriteria di atas, nilai pengindeksan ditentukan menggunakan metode ROC (Rank Order Centroid). Langkah-langkah penentuan menggunakan metode ROC persamaan (1) dan akan diperoleh W_1 = 0,456, W_2 = 0,257, W_3 = 0,157, W_4 = 0,09, dan W_5 = 0,04. Selanjutnya membuat matriks keputusan(X)**,** **s**etelah memperoleh nilai pengindeksan dengan metode ROC, proses penentuan biaya terbaik dilakukan dengan menggunakan metode WASPAS. Untuk matriks keputusan dapat dilihat pada matri X di bawah ini.

$$Wj = \frac{1}{n} \sum_{k}^{n} = j \frac{1}{k} \quad (1)$$

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

$$X = \begin{bmatrix} 327,67 & 1661 & 1,25 & 20.763 & 2 \\ 327,67 & 1661 & 1 & 16.611 & 2 \\ 327,67 & 1661 & 0,075 & 1.245,85 & 2 \\ 327,67 & 1661 & 1 & 16.931,75 & 2 \\ 327,67 & 1661 & 1,50 & 24.9165 & 2 \end{bmatrix}$$

Untuk menentukan normalisasi matriks terlebih dahulu tentukan kriteria binefit dan biaya, dapat dilihat pada tabel 1, langkah selanjutnya adalah menormalkan matriks berdasarkan persamaan yang disesuaikan dengan jenis atribut sehingga diperoleh matriks yang dinormalisasi. Jika kriterianya adalah Manfaat menggunakan persamaan $X_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max ix_{ij}}$, dan jika kriterianya adalah Biaya menggunakan persamaan $X_{ij} = \frac{\min ix_{ij}}{x_{ij}}$. Dengan langkah-langkah perhitungan di atas, data normalisasi matriks berikut diperoleh X'

$$X' = \begin{bmatrix} \frac{327,67}{327,67} & \frac{1661}{1661} & \frac{1,25}{1,50} & \frac{20.763}{24.9165} & \frac{2}{2} \\ \frac{327,67}{327,67} & \frac{1661}{1661} & \frac{1}{1,50} & \frac{16.611}{24.9165} & \frac{2}{2} \\ \frac{327,67}{327,67} & \frac{1661}{1661} & \frac{0,075}{1,50} & \frac{1.245,85}{24.9165} & \frac{2}{2} \\ \frac{327,67}{327,67} & \frac{1661}{1661} & \frac{0,075}{1,50} & \frac{16.931,75}{24.9165} & \frac{2}{2} \\ \frac{327,67}{327,67} & \frac{1661}{1661} & \frac{1,50}{1,50} & \frac{24.9165}{24.9165} & \frac{2}{2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0,83333333 & 0,83330323 & 1 \\ 1 & 1 & 0,66666667 & 0,66666667 & 1 \\ 1 & 1 & 0,05 & 0.050001 & 1 \\ 1 & 1 & 0,66666667 & 0,67953966 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya menghitung Nilai Total Kepentingan Relatif(Q)**,** pertama adalah menentukan Nilai Preferensi WPM ()Q^1. Penentuan nilai preferensi alternatif ke-i, berdasarkan metode WSM dengan menggunakan persamaan (2). Dengan demikian akan diperoleh nilai dari Dolomit (Q_1) = 0,9588; Urea (Q_2) = 0,9177; Borat (Q_3) = 0,7654; PEL (Q_4) = 0,9188; dan NPK (Q_5) = 1

$$Q_i^1 = \sum_{j=1}^{m} r_{ij} w_j \; ; \; dengan \; i = 1,2,\ldots,m; j = 1,2,\ldots,n \qquad (2)$$

Penentuan Nilai Preferensi WPM ()Q^2**,** berdasarkan metode WPM persamaan yang digunakan adalah persamaan (3) sehingga akan diperoleh nilai preferensi WPM, pupuk NPK (Q_5) memiliki nilai tertinggi (1), diikuti oleh Dolomit (Q_1) sebesar 0.956, PEL (Q_4) sebesar 0.906, dan Urea (Q_2) sebesar 0.905. Sementara itu, Borat (Q_3) memiliki nilai preferensi terendah, yaitu 0.477. kemudian untuk menentukan nilai preferensi WASPAS (Q) menggunakan persamaan (4).

$$Q_i^2 = \prod_{j=i}^{m} \left(r_{ij}\right)^{w_j} ; \; dengan \; i = 1,2,\ldots,m; j = 1,2,\ldots,n \qquad (3)$$

$$Q_i = 0,5 \sum_{j=1}^{n} X_{ij} wj + 0,5 \prod_{j=1}^{n} \left(x_{ij}\right)^{wj} \qquad (4)$$

Dengan melakukan perhitungan sesuai dengan metode di atas, yaitu menggunakan nilai Q1 dan Q2 pada semua Q dengan tahapan yang sama, diperoleh informasi berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode WASPAS. Metode ini menggabungkan Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS) dengan pembobotan menggunakan metode Rank Order Centroid (ROC). Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 3. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode WASPAS yang ditimbang dengan metode ROC, diperoleh informasi bahwa pupuk sawit terbaik di PTPN IV Kebun Marihat adalah pupuk NPK dengan nilai Q 1. Pupuk ini menempati urutan pertama karena memiliki nilai tertinggi dibandingkan dengan pupuk lainnya. Di peringkat kedua, pupuk

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Dolomit menunjukkan kinerja yang sangat baik dengan nilai Q 0,95739652, menjadikannya pupuk terbaik kedua untuk digunakan di Perkebunan Marihat PTPN IV. Selanjutnya, di posisi ketiga, pupuk MOP memperoleh nilai Q sebesar 0,91254282. Meski tidak sebaik pupuk NPK dan Dolomite, pupuk ini tetap menunjukkan hasil yang cukup optimal.

Tabel 3. Hasil Penilaian

Alternatif	Nilai Q	Pangkat
Dolomit	0.95739652	2
Urea	0.91118424	4
Borat	0.62124535	5
PEL	0.91254282	3
NPK	1	1

Pupuk urea berada di urutan keempat dengan nilai Q 0,91118424. Pupuk ini menunjukkan kinerja yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan pupuk MOP tetapi masih cukup signifikan untuk dipertimbangkan. Di tempat terakhir adalah pupuk Borat dengan nilai Q 0,62124535. Meski menempati peringkat terbawah, pupuk ini masih memberikan kontribusi yang berharga namun tidak seoptimal pupuk lainnya dalam meningkatkan produktivitas tanaman kelapa sawit di PTPN IV Kebun Marihat. Penentuan skor dan pemeringkatan ini memberikan panduan yang jelas bagi pengelola perkebunan dalam memilih pupuk yang paling efektif untuk digunakan, berdasarkan analisis yang komprehensif dan terstruktur melalui metode WASPAS dan pembobotan ROC.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang dilakukan mengenai pemilihan pupuk terbaik di PTPN IV Kebun Marihat menggunakan metode WASPAS yang ditimbang dengan metode ROC, dapat disimpulkan bahwa pupuk NPK merupakan pilihan terbaik dengan nilai tertinggi, diikuti oleh pupuk dolomit, MOP, urea, dan pupuk borat. Meskipun pupuk borat menempati urutan terakhir, kontribusinya tetap signifikan dalam meningkatkan produktivitas tanaman kelapa sawit, meski tidak seoptimal pupuk lainnya. Pemeringkatan ini memberikan panduan yang jelas bagi pengelola perkebunan dalam memilih pupuk yang paling efektif, berdasarkan analisis komprehensif menggunakan metode WASPAS dan pembobotan ROC. Selain itu, kriteria yang paling dominan dalam proses pengambilan keputusan adalah "Curah Hujan" dengan bobot 0,456, yang menunjukkan bahwa faktor cuaca memiliki pengaruh besar terhadap efisiensi penggunaan pupuk dalam meningkatkan hasil produksi. Temuan ini mengarah pada pentingnya mempertimbangkan faktor iklim dalam perencanaan penggunaan pupuk untuk mencapai hasil yang optimal. Penelitian selanjutnya dapat memfokuskan pada pengujian lebih lanjut terhadap variabel-variabel lain yang mungkin turut memengaruhi produktivitas tanaman kelapa sawit di perkebunan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Aji, W., Utami, A. D., Nugroho, B., Toyyibah, T., & Nurcahyo, M. (2021). Fertilization Effectiveness Towards the Productivity of Fresh Fruit Bunches and Maintenance Costs of Palm Oil. Buletin Penelitian Sosial Ekonomi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Haluoleo. *Print)*, *22*(2), 66–71. https://doi.org/10.37149/sosek.v22i2.13874

Dahria, M., Winata, H., Santoso, I., & Triguna Dharma, S. (2021). Sistem Pendukung Keputusan Menentukan Kualitas Bibit Kelapa Sawit Layak Tanam Pada PT Indah Pocan Dengan Waspas. In *Journal of Science and Social Research* (Issue 2). http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

E.K. Zavadskas. (2012). *Optimization of Weighted Aggregated Sum Product Assessment*.

Elia Oey, Thalia Veronica, & Alexander Muliawan. (2020). *Multi Criteria Decision Making in Supplier Selection Process – A Case Study in a Palm Oil Processor*.

Irawan, A., Saefudin, S., Suryanty, M., & Yuliarso, M. Z. (2022). Impact of COVID-19 pandemic on the economy of oil palm smallholder's household income. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, *12*(3), 425–441. https://doi.org/10.1108/JADEE-09-2021-0237

Manahan Panggabean, S. (2017). Manajemen Pemupukan Tanaman Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis Jacq.) Di Pelantaran Agro Estate, Kalimantan Tengah Management of oil palm fertilization in Pelantaran Agro Estate, Center Kalimantan. In *Bul. Agrohorti* (Vol. 5, Issue 3).

Marbun, E. D., Sinaga, L. A., Simanjuntak, R., Siregar, D., & Afriany, J. (2018). Penerapan Metode Weighted Aggregated Sum Product Assessment Dalam Menentukan Tepung Terbaik Untuk Memproduksi Bihun. In *Jurnal Riset Komputer (JURIKOM)* (Vol. 5, Issue 1). http://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/jurikom|

Murphy, D. J., Goggin, K., & Paterson, R. R. M. (2021). Oil palm in the 2020s and beyond: challenges and solutions. In *CABI Agriculture and Bioscience* (Vol. 2, Issue 1). BioMed Central Ltd. https://doi.org/10.1186/s43170-021-00058-3

Muslim, B., & Herdiana, E. (2022). Aplikasi Metode Waspas Untuk Pemilihan Pestisida Bagi Tanaman Padi Di Cianjur. In *Emil Herdiana Jurnal Ilmiah Betrik* (Vol. 13, Issue 01).

Safriyana, S., Marimin, M., Anggraeni, E., & Sailah, I. (2020). Spatial-based model for oil palm plantation suitability rating and its smallholder farmers' competitiveness: a case study at Kampar Regency, Riau Province, Indonesia. *Journal of Science and Technology Policy Management*, *12*(2), 283–308. https://doi.org/10.1108/JSTPM-03-2020-0066

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengembangan *E-Modul* Berbasis STEAM Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Di SMP Negeri 1 Patumbak

Nur Hazimah Nasution[1*], Katrina Samosir[2]
[1,2] *Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:nurhazimah31@gmail.com*

Abstrak, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan produk berupa e-modul berbasis STEAM untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan atau R&D dengan menggunakan model ADDIE. Subjek penelitian ini adalah 26 orang siswa dari kelas VIII-7 SMP Negeri 1 Patumbak. Hasil yang diperoleh dari analisis penelitian ini adalah: (1) E-modul berbasis STEAM yang dikembangkan memenuhi kriteria kevalidan dengan rata-rata validasi ahli materi 83,25% dan validasi ahli media 88,56%. (2) E-modul berbasis STEAM yang dikembangkan memenuhi kriteria kepraktisan karena memenuhi kriteria sangat praktis dengan hasil respon guru sebesar 94,5% dan rata-rata hasil respon siswa sebesar 88,10%. E-modul berbasis STEAM yang dikembangkan memenuhi kriteria efektif karena telah memenuhi kriteria keefektivan yaitu telah mengalami peningkatan pada nilai ketuntasan belajar secara klasikal dari 7,70% menjadi 88,46% dan dapat diartikan bahwasannya terdapat lebih dari 85% dari jumlah siswa yang mengikuti kegiatan pembelajaran memperoleh nilai 75 (KKM). Selanjutnya berdasakan tercapainya indikator/tujuan pembelajaran dimana indikator pertama dari persentase 51,60% menjadi 93,27%, indikator kedua 44,87% menjadi 92,63%, indikator ketiga 37,50% menjadi 82,37%, dan indikator keempat 8,98% menjadi 78,52% dan dapat diartikan bahwa lebih dari 65% siswa mencapai 75% dari ketercapaian indikator/tujuan pembelajaran. Dan terakhir dilihat dari rata-rata perhitungan N-gain yang diperoleh sebesar 0,77 dengan kategori tinggi.
Kata kunci: E-Modul; STEAM, Teknologi; Pemecahan; Masalah; Matematis.

***Abstract**, **t**his research purpose to produce a product in the form of a STEAM-based e-module to improve students' mathematical problem solving abilities. This research is development research or R&D using the ADDIE model. The subjects of this research were 26 students from class VIII-7 of SMP Negeri 1 Patumbak. The results obtained from this research analysis are: (1) The STEAM-based E-module developed meets the validity criteria with an average material expert validation of 83.25% and media expert validation of 88.56%. (2) The STEAM-based e-module developed meets the practicality criteria because it meets the very practical criteria with teacher response results of 94.5% and average student response results of 88.10%. The STEAM-based e-module that was developed meets the effective criteria because it has met the effectiveness criteria, namely that it has experienced an increase in the classical learning completeness score from 7.70% to 88.46% and it can be interpreted that there are more than 85% of the number of students who take part in the activity. learning obtained a score of 75 (KKM). Furthermore, based on the achievement of learning indicators/goals where the first indicator is from a percentage of 51.60% to 93.27%, the second indicator is 44.87% to 92.63%, the third indicator is 37.50% to 82.37%, and the fourth indicator is 8 .98% to 78.52% and it can be interpreted that more than 65% of students achieved 75% of the achievement of learning indicators/goals. And finally, looking at the average N-gain calculation obtained, it is 0.77 in the high category.*
***Keywords**: E-Module, Technology; Solving; Problem; Mathematical.*

Citation : Nasution, N. H., & Samosir, K. (2024). Pengembangan E-Modul Berbasis STEAM Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Di SMP Negeri 1 Patumbak. Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024. 351 – 359.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

PENDAHULUAN

Komponen penting pendidikan meliputi kemampuan peserta didik dalam mengembangkan potensi spiritualitas keagamaan, pengendalian diri, kecerdasan moral, penguasaan ilmu pengetahuan, dan keterampilan bagi bangsa dan masyarakat yang diperoleh melalui kegiatan pembelajaran. Pendidikan sangat penting bagi manusia karena pengetahuan tidak dapat diperoleh tanpa praktek. Menjadi orang yang bertaqwa dan bertaqwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, berkepribadian terhormat, terampil, terpelajar, bebas, imajinatif, serta mempunyai jiwa yang dapat diandalkan dan berlandaskan suara, digarisbawahi dalam Pasal 3 UU. Nomor 20 Tahun 2003 yang menjelaskan tentang Sistem Sekolah Umum, bahwa kemampuan pendidikan masyarakat adalah membentuk pribadi-pribadi dan memupuk kemampuan mulia berbangsa dan beradab, yang pada hakekatnya kemampuan peserta didik diciptakan dan mampu berkembang (Pelawi, 2020). , sangat penting untuk memaksimalkan pembangunan pendidikan guna meningkatkan kualitas pendidikan. Salah satu Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) yang telah disepakati oleh beberapa pemimpin bangsa, termasuk Indonesia sejak 2 Agustus 2015 adalah "pendidikan berkualitas" (Albana & Syahr, 2021: 2010). Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) ini didasarkan pada arahan Forum PBB. Pendidikan menjadi tolok ukur bagi masyarakat Indonesia untuk meningkatkan kesejahteraan seluruh lapisan masyarakat sesuai dengan kurikulum pendidikan yang diterapkan. Oleh karena itu, kemajuan pendidikan tetap dilaksanakan dengan tetap responsif terhadap perubahan keadaan, seperti perluasan jangkauan kesempatan belajar dan kurikulum (Setiawati, 2022: 3).

Karena pentingnya matematika, siswa harus memiliki sejumlah kompetensi sebelum mereka dapat mempelajarinya. Berpikir kritis numerik, korespondensi numerik, berpikir numerik, asosiasi numerik dan penggambaran numerik merupakan lima kemampuan belajar matematika yang diakui oleh Public Gathering of Educator Science (NCTM) pada tahun 2000 (Indriana dan Maryati, 2021: 542). Menurut Winarsih dan Mampouw (2019:250), kelima keterampilan tersebut sangat penting bagi kehidupan siswa agar dapat menjadi warga negara yang kreatif dan bernilai. Menguasai kelima keterampilan ini memang menantang. Salah satu kompetensi pembelajaran yang saat ini perlu ditingkatkan adalah kemampuan memecahkan masalah matematika. Siswa tidak hanya harus mampu menyelesaikan permasalahan dengan menggunakan resep yang telah ditentukan sebelumnya, namun juga harus mampu menata ulang, memodelkan, menemukan ide dengan mendemonstrasikan, dan menerapkan ide pada permasalahan yang lebih rumit (Rinaldi dan Afriansyah, 2019: 11). Menurut Russefendi (dalam Indriana & Maryam, 2021:543), terdapat beberapa alasan mengapa siswa memerlukan pembelajaran pemecahan masalah. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal, namun masih banyak siswa yang belum memenuhi syarat kemampuan pemecahan masalah, khususnya dalam pembelajaran matematika. Alasan-alasan tersebut antara lain sebagai berikut: (1) dapat menumbuhkan sifat kreatif, membangkitkan rasa ingin tahu dan motivasi, serta memerlukan kemampuan terampil membaca dan membuat pernyataan yang benar di samping memiliki pengetahuan dan keterampilan (seperti berhitung); (2) dapat menghasilkan jawaban yang orisinal, baru, dan khas; dan (3) dapat menambah pengetahuan baru. Salah satu faktornya adalah kesulitan membaca matematika. Nisa & Wandani (2023:244) menyatakan bahwa siswa sering membaca konten matematika tanpa memahaminya. Faktor lainnya adalah materi pembelajaran yang digunakan di kelas. Materi pendidikan digital yang lebih inovatif, praktis, dan portabel mulai menggantikan materi pendidikan cetak. Akibat kemajuan teknologi yang bertujuan untuk mempermudah kehidupan sehari-hari, masyarakat menjadi lebih kreatif. Daya cipta guru dalam menyajikan materi juga berdampak pada kemampuan siswa dalam memecahkan masalah

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

matematika. Indikator pertama pada penelitian Sriwahyuni dan Maryati (2022:340) tentang kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah matematika pada soal statistika menunjukkan bahwa 19 persen siswa melakukan kesalahan, hal ini menunjukkan bahwa subjek hanya melakukan kesalahan kecil pada saat mengerjakan soal statistika. Hal ini menunjukkan bahwa siswa kurang memiliki kemampuan pemecahan masalah matematis. Sebaliknya, siswa melakukan lebih dari 50% kesalahannya pada indikator kedua, ketiga, dan keempat.

Hal ini menunjukkan bahwa siswa masih kesulitan dalam memecahkan masalah matematika dan banyak melakukan kesalahan ketika mencoba menyelesaikan masalah statistika, khususnya indikator 2, 3, dan 4. Penemuan eksplorasi ini berbanding lurus dengan penemuan persepsi ilmuwan. Peneliti melakukan observasi di kelas VIII-7 SMP Negeri 1 Patumbak pada tanggal 28 Maret 2024. Instrumen soal memanfaatkan indikator matematika Polya untuk menyelesaikan masalah yaitu memahami masalah, merencanakan penyelesaian, menyelesaikan masalah sesuai rencana, dan memeriksa semuanya. lagi.

Persentase kesalahan setiap indikator pemecahan masalah matematis diperoleh dari pekerjaan yang diselesaikan oleh 23 siswa kelas VIII sampai 7 yang hadir pada saat itu. Pada soal pertama persentase kesalahan siswa sebesar 30% untuk indikator a, 78% untuk indikator b, 87% untuk indikator c, dan 91% untuk indikator d. Selain itu, persentase kesalahan siswa pada indikator a sebesar 22%, pada indikator b sebesar 74%, pada indikator c sebesar 82%, dan pada indikator d sebesar 91% pada soal nomor 2. Dengan memperhatikan tingkatan tersebut maka kita dapat melihat bahwa siswa sangat baik dalam memecahkan pertanyaan-pertanyaan penanda kunci. Namun nampaknya siswa lebih banyak melakukan kesalahan ketika mengerjakan soal indikator kedua hingga keempat. Hal ini menunjukkan bahwa siswa masih kurang dalam kemampuan memecahkan masalah. Siswa masih belum mampu memahami indikator pemecahan masalah tertentu. Hal ini ada hubungannya dengan kegiatan belajar mengajar di sekolah.

Berdasarkan temuan pembicaraan oleh peneliti dan guru matematik, guru tersebut berkata jika strategi pembelajaran yang saat ini digunakan ketika mengajar adalah strategi konvensional. Konten yang diajarkan dijelaskan secara langsung, dikonsep, dan diilustrasikan oleh instruktur. Akibatnya, siswa kurang terlibat dalam pendidikannya. Selain itu, kesulitan murid pada penyelesaian persoalan juga menjadi masalah lainnya. murid pada umumnya akan bisa menjawab pertanyaan dengan asumsi pertanyaan yang diberikan adalah pertanyaan yang bersifat lugas seperti angka dan jelas hal yang diajukan dalam pertanyaan tersebut. Sebaliknya siswa akan kesulitan jika soal-soal tersebut diceritakan dalam cerita atau diubah menjadi diceritakan dalam cerita. Kemampuan pemecahan masalah dan menafsirkan soal menjadi salah satu hal yang membuat hasil jawaban siswa bernilai rendah. Terkadang siswa juga sering terlupa untuk memastikan kembali jawaban yang sudah ia berikan sehingga sering terdapat kekeliruan dalam jawaban yang diberikan.

Bahan ajar yang digunakan guru juga menjadi salah satu faktor penyebabnya. Menurut guru, minat siswa dalam membaca buku pelajaran matematika masih sangat rendah. Hal ini terlihat dari ketika mempelajari konsep matematika, hampir semua siswa tidak membaca buku teks. Meskipun siswa sudah memiliki ponsel pintar dan sekolah menyediakan wifi, namun belum efektifnya pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam pembuatan materi pembelajaran interaktif yang menggunakan pendekatan baru untuk menggugah minat siswa terhadap mata pelajaran tersebut menjadi salah satu faktor yang berkontribusi terhadap rendahnya kemampuan siswa dalam memecahkan masalah matematika. Dengan cara ini, kesulitan siswa dalam mengembangkan kapasitas mereka untuk mengatasi masalah numerik dapat diatasi. Pendekatan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pembelajaran STEAM *(Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematic)* menjadi salah satu pilihan. Pendekatan STEAM mampu mengubah semangat siswa untuk belajar aritmatika dengan memperkenalkan lingkungan nyata termasuk bagian dari sains, inovasi, desain, keahlian, dan matematika. Selain itu, proyek kolaboratif yang memerlukan keterampilan kreatif, analitis, dan berpikir solusi yang semuanya penting untuk menyelesaikan masalah matematika adalah fitur umum dari pendekatan STEAM.

E-modul biasanya diakses secara online. Untuk memberikan materi dan pengalaman belajar yang lebih kaya kepada peserta didik, dibuatlah modul elektronik yang dilengkapi dengan audiovisual, video, dan animasi tanpa mengurangi struktur isi modul konvensional. Siswa akan lebih semangat dalam mempelajari cara menghadapi permasalahan dalam soal inkuiri.

Siswa tidak hanya akan mengetahui semua tentang materi yang mereka pelajari, namun mereka juga akan memahami apa yang mereka pelajari ketika mereka menggunakan e-modul untuk belajar. didukung oleh eksplorasi sebelumnya yang memperoleh rata-rata 83,85% dengan klasifikasi sangat tinggi dan berguna untuk pembuatan e-modul yang dirakit STEAM dengan penglihatan dan suara sehubungan dengan Materi Kerangka Koordinasi Kelas. sehingga e-modul berbasis STEAM yang dibuat benar-benar dapat dimanfaatkan untuk pembelajaran. Pengembangan e-modul pembelajaran berbasis STEAM sebagai sumber daya ajar menjadi hal yang menarik untuk dilakukan oleh para peneliti di SMP Negeri 1 Patumbak. E-modul ini dapat membantu siswa belajar lebih banyak tentang matematika dan menjadi lebih baik dalam memecahkan masalah matematika.

Tujuan penelitian ini adalah; (1) mengetahui keabsahan E-Module berbasis STEAM *(Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematic)* yang dibuat untuk mengembangkan mahasiswa lebih lanjut kemampuan berpikir kritis di SMP Negeri 1 Patumbak; (2) mengetahui pengertian E-Modul berbasis STEAM *(Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematic)* yang diciptakan untuk lebih mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa di SMP Negeri 1 Patumbak; (3) mengetahui seberapa baik kerja E-Module berbasis *(Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematic)* di SMP Negeri 1 Patumbak dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa; (4) mengetahui penggunaan "E-modul" dalam proses pembelajaran yang dikembangkan melalui pembelajaran berbasis STEAM meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa kelas VIII sampai dengan kelas 7.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini diikuti oleh 25 siswa SMP Negeri 1 Patumbak kelas VIII-7. Objek eksplorasi ini adalah e-modul berbasis STEAM untuk lebih mengembangkan kemampuan berpikir kritis numerik siswa SMP Negeri 1 Patumbak pada materi matematika sisi datar bentuk dan balok. Penelitian dan pengembangan, juga dikenal sebagai R&D, adalah jenis penelitian yang dilakukan peneliti. Sebuah metode penelitian yang dikenal sebagai penelitian pengembangan dapat menciptakan produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada. Penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE yang terdiri dari lima tahap: analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi model pengembangan ADDIE menjadi landasan strategi penelitian ini. Tindakan yang dilakukan pada setiap tahapan lebih jelas dapat dilihat pada gambar 1.

Bahan ajar matematika berbasis e-modul merupakan produk yang akan dikembangkan dalam penelitian ini. Peneliti menilai bahan ajar berbasis e-modul ini bermanfaat karena dapat digunakan oleh siswa kapan saja dan dari lokasi mana saja. Selain itu, gambar dan video dalam e-modul ini

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

juga bersifat adaptif karena dapat diputar berkali-kali sesuai kebutuhan siswa untuk membantu siswa lebih memahami materi.



Gambar 1. Bagan Prosedur Penelitian

Peneliti memulai tahap analisis dengan mengamati aspek perangkat pembelajaran, proses pembelajaran, dan perilaku siswa berdasarkan model pengembangan yang digunakan. Peneliti kemudian menganalisis kebutuhan siswa dengan melakukan wawancara kepada instruktur dan sejumlah siswa. Desain adalah langkah kedua, yang melibatkan pembuatan elemen e-modul, seperti judul, desain, gambar, dan isi materi baik dari buku cetak maupun elektronik. Tahap selanjutnya adalah menyiapkan instrumen sebagai survei persetujuan kelompok master, membuat kisi-kisi tes yang akan digunakan siswa pada saat menyelesaikan latihan pembelajaran dan merencanakan survei terhadap pendidik dan siswa setelah menggunakan item perbaikan. Tahap ketiga adalah pengembangan, yaitu pembuatan produk media pembelajaran berdasarkan desain dan validasi produk dengan ahli untuk mendapatkan revisi guna menyempurnakan dan meningkatkan kualitas

produk. Tahap keempat melibatkan pengujian produk yang dikembangkan kepada siswa. Tahap evaluasi yang meliputi pengolahan data lembar validasi dan pengisian angket berdasarkan evaluasi produk media pembelajaran yang dikembangkan merupakan tahap akhir. Di SMP Negeri 1 Patumbak, produk penelitian ini adalah bahan ajar berupa e-modul berbasis STEAM.

Alat ukur yang mengumpulkan data-data yang diharapkan dalam suatu penelitian dikenal dengan istilah instrumen penelitian. Seluruh instrumen penelitian digunakan untuk mengumpulkan, mengkaji, dan menyelidiki suatu masalah. Salah satu syarat kelancaran eksplorasi untuk mendapatkan informasi atau data yang relevan dan tepat sesuai tujuan pemeriksaan adalah dengan adanya strategi pengumpulan informasi. Wawancara, survei, dan tes merupakan tiga metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian kemajuan yang diselesaikan oleh spesialis adalah sebagai e-modul berbasis STEAM *(Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematic)* dengan penekanan pada materi kotak dan balok 3D bersisi datar untuk lebih mengembangkan kritis numerik siswa. kemampuan berpikir pada kelas VIII-7 SDN Patumbak 1. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian pengembangan yang menggunakan model pengembangan ADDIE untuk menciptakan e-modul yang handal, bermanfaat, dan efisien.

Penelitian ini menghadirkan e-modul berbasis STEAM yang bermakna, masuk akal, menarik, dan selanjutnya dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis numerik siswa. Tahap analisis, tahap desain, tahap pengembangan, tahap implementasi, dan tahap evaluasi merupakan lima tahap model pengembangan ADDIE yang digunakan dalam pengembangan produk. Peneliti memulai kegiatan penelitiannya dengan mengamati siswa. di SMP Negeri 1 Patumbak kelas VIII-7. Persepsi yang telah selesai ditujukan untuk mengetahui kesulitan dan kebutuhan siswa dalam belajar matematika. Pada saat observasi peneliti diketahui bahwa siswa mengalami kesulitan dalam menyelesaikan permasalahan soal. Siswa lebih mungkin untuk dapat menjawab pertanyaan jika pertanyaan tersebut berupa pertanyaan numerik langsung yang memperjelas apa yang ditanyakan. Sebaliknya siswa akan kesulitan jika soal-soal tersebut diceritakan dalam cerita atau diubah menjadi diceritakan dalam cerita. Bahan ajar yang digunakan guru juga menjadi salah satu faktor penyebabnya. Guru hanya menggunakan buku pelajaran matematika yang disediakan sekolah dalam kegiatan pembelajaran. Berdasarkan wawancara yang peneliti lakukan dengan salah satu guru matematika saat ini, guru tersebut menyatakan bahwa siswa memiliki minat membaca buku teks matematika yang sangat rendah. Hal ini ditunjukkan dengan hampir seluruh siswa yang diberi tugas mempelajari materi matematika dengan membaca buku teks tidak melakukannya. Hal ini disebabkan karena siswa kurang memahami apa yang dibacanya dan guru juga menegaskan bahwa kemampuan belajar mandiri siswa masih kurang. Salah satu faktor yang menyebabkan rendahnya kemampuan siswa dalam memecahkan masalah matematika adalah kurang efektifnya pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam pembuatan materi pembelajaran interaktif yang menggunakan strategi baru untuk membangkitkan minat siswa terhadap mata pelajaran tersebut. Guru juga menyatakan bahwa ketika menggunakan bahan ajar dan media pembelajaran interaktif, siswa terlihat lebih tertarik dan antusias, sehingga diperlukan pendekatan baru khususnya pemecahan masalah matematika untuk menyelesaikan permasalahan yang ada. Oleh karena itu, untuk lebih mengembangkan kemampuan berpikir kritis numerik siswa, para ahli berencana untuk mengembangkan materi peragaan sebagai e-modul berbasis STEAM untuk diterapkan selama

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pembelajaran. Dalam fase peningkatan materi pertunjukan e-modul berbasis STEAM, para spesialis memusatkan perhatian pada bentuk matematika sisi datar, khususnya kotak dan balok 3D. Sebagai sarana untuk mengubah e-modul dari Canva menjadi link yang jika dibuka akan menampilkan tampilan mirip flipbook, e-modul tersebut dibuat menggunakan software Canva dan beberapa fasilitas pendukung seperti laptop dan website Heyzine. Apabila telah lolos uji kelayakan atau validitas, e-modul ini dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Dalam penelitian pengembangan ini, tahapan penilaian e-modul dibahas di bawah ini.

Kevalidan E-modul

Ujian ini menghadirkan e-modul berbasis STEAM yang bermakna, masuk akal, menarik, dan selanjutnya dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis numerik siswa. Tahap analisis, tahap desain, tahap pengembangan, tahap implementasi, dan tahap evaluasi merupakan lima tahap model pengembangan ADDIE yang digunakan dalam pengembangan produk. Peneliti memulai kegiatan penelitiannya dengan mengamati siswa. di SMP Negeri 1 Patumbak kelas VIII-7. Persepsi yang telah selesai ditujukan untuk mengetahui kesulitan dan kebutuhan siswa dalam belajar matematika.

Pada saat observasi peneliti diketahui bahwa siswa mengalami kesulitan dalam menyelesaikan permasalahan soal. Siswa lebih mungkin untuk dapat menjawab pertanyaan jika pertanyaan tersebut berupa pertanyaan numerik langsung yang memperjelas apa yang ditanyakan. Sebaliknya siswa akan kesulitan jika soal-soal tersebut diceritakan dalam cerita atau diubah menjadi diceritakan dalam cerita. Evaluasi yang diberikan oleh validator tidak lepas dari keabsahan atau kesesuaian suatu sumber ajar untuk digunakan dalam kegiatan pendidikan. Hasil perhitungan lembar validasi yang disediakan dan diisi oleh validator, menjadi landasan penilaian validitas. Dalam penelitian pengembangan ini yang dimaksud dengan "validator" adalah ahli media dan materi. Hasil validasi e-modul berbasis STEAM dijelaskan dalam paragraf berikut.

1. Hasil Validasi Ahli Materi

Untuk mengetahui kelayakan RPP, materi yang disampaikan, dan instrumen tes yang dikembangkan peneliti, maka dalam penelitian ini dilakukan validasi oleh ahli materi. Terkait RPP, materi yang disampaikan dan instrumen tes memberikan hasil sebesar 81,55 persen pada RPP, 83,25 persen pada ahli materi, 87,92 persen pada instrumen tes pretest, dan 89 persen pada posttest. 17%. Dengan melihat outcome tersebut dan disesuaikan dengan model legitimasi yang dibuat, maka disadari bahwa outcome tersebut masuk dalam aturan yang benar-benar layak untuk digunakan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa e-modul berbasis STEAM, instrumen tes berupa pre dan post test, serta RPP sangat layak digunakan.

2. Hasil Validasi Ahli Media

Pada penjajakan ini dilakukan persetujuan ahli media untuk melihat kelayakan bahan ajar e-modul berbasis STEAM yang dibuat oleh para ilmuwan. Validasi ahli media memberikan hasil sebesar 88,56%. Diketahui hasil tersebut masuk dalam kategori sangat layak digunakan apabila disesuaikan dengan kriteria validitas yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa e-modul berbasis STEAM, instrumen tes berupa pre dan post test, serta RPP sangat layak digunakan.

Kepraktisan E-modul

Dapat dikatakan bahwa penelitian yang dilakukan peneliti untuk mengembangkan e-modul berbasis STEAM sebagai salah satu bahan ajar pembelajaran matematika sangat praktis. Hal ini berdasarkan apa yang disampaikan guru dan siswa SMP Negeri 1 Patumbak dalam tanggapannya.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Respon kepraktisan guru terdapat peningkatan sebesar 945 persen dengan kategori sangat praktis. Selain itu, 88,1% siswa menilai kepraktisan e-modul berbasis STEAM sangat praktis dalam tanggapan mereka. Kesimpulan yang dapat diambil dari temuan ini adalah e-modul berbasis STEAM yang dikembangkan peneliti sangat bermanfaat.

Keefektivan E-modul dan Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah

Peningkatan nilai siswa pada instrumen tes yang diberikan (pretest dan posttest) menunjukkan efektivitas e-modul berbasis STEAM yang dikembangkan peneliti. Peningkatan yang dimaksud adalah peningkatan skor ketuntasan belajar klasikal. Siswa tersebut memulai dengan nilai ketuntasan klasikal sebesar 7,70 persen dan kemudian mencapai nilai 88,46 persen. Lebih dari 85% siswa yang mengikuti kegiatan pembelajaran mencapai nilai 75 (KKM) berdasarkan peningkatan ketuntasan belajar klasikal. Peningkatan selanjutnya berasal dari empat indikator yang berkaitan dengan pemecahan masalah dan didasarkan pada ketercapaian indikator dan tujuan pembelajaran. Persentase skor indikator pertama pada awal pretest sebesar 51,60 persen, namun jika diperhatikan skor posttest meningkat menjadi 93,27 persen. Selain itu, indikator kedua memperoleh persentase skor sebesar 92,63% pada posttest, naik dari 44,87% pada awal pretest. Pada awal pretest, indikator ketiga mempunyai nilai persentase sebesar 7,50 persen dan meningkat menjadi 82,37 persen pada saat posttest.

Pada awal pretest, keempat indikator mempunyai nilai persentase sebesar 8,98 persen dan meningkat menjadi 78,52 persen pada saat posttest. Hal ini dapat menunjukkan bahwa lebih dari 65 persen siswa memenuhi 75 persen indikator dan tujuan pembelajaran. Selain itu, terlihat dari respon positif siswa terhadap bahan ajar yang dikembangkan khususnya e-modul berbasis STEAM, dimana respon positif siswa diperoleh sebesar 88,48 persen yang termasuk dalam kategori tinggi. Analisis N-gain menunjukkan peningkatan akhir. Dimana peningkatan kompetensi yang terjadi sebelum dan sesudah pembelajaran akan kita lihat pada analisis ini. Analisis mengenai proses perolehan nilai N-gain dapat dilakukan berdasarkan hasil sebelum dan sesudah pengujian. Dari kelas VIII-7 SMP Negeri 1 Patumbak, berdasarkan analisis N-gain, diperoleh nilai tiga siswa dalam kategori sedang dan 23 siswa dalam kategori tinggi. Sebaliknya berdasarkan hal tersebut diketahui pula rata-rata persentase nilai N-gain kelas VIII-7 sebesar 0,77 sehingga termasuk dalam kategori tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan perbincangan yang telah dilakukan dalam penelitian mengenai pengembangan e-modul berbasis STEAM untuk lebih mengembangkan kemampuan berpikir kritis numerik siswa di SMP Negeri 1 Patumbak, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan pertama e-modul berbasis STEAM yang dikembangkan oleh peneliti, Validitas, telah divalidasi oleh ahli materi dan ahli media. Rata-rata persentase yang diperoleh dari ahli materi sebesar 83,25 persen, dan persentase yang diperoleh dari ahli media sebesar 88,56 persen. %. Kriteria sangat valid dan sangat doable terpenuhi dengan persentase tersebut. Hasilnya, e-modul berbasis STEAM milik para peneliti sangat berguna. Kedua e-modul berbasis STEAM yang dibuat oleh para ilmuwan telah melalui uji kewajaran yang dilakukan dengan menyebarkan jajak pendapat reaksi akal sehat kepada instruktur dan siswa. Dari hasil jajak pendapat pendidik, angka yang diperoleh adalah 94,5% dan dari hasil survei siswa, angka rata-rata adalah 88,1%. Persentase ini memenuhi persyaratan yang sangat nyata. Oleh karena itu, e-modul berbasis STEAM yang dibuat oleh para analis sangat layak untuk digunakan. Kemudian terakjir kelangsungan dan peningkatan kemampuan berpikir kritis

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

numerik siswa harus terlihat dari selesainya pembelajaran tradisional, pencapaian penanda/tujuan pembelajaran, reaksi siswa dan ujian N-gain. Keberhasilan pembelajaran tradisional dinyatakan selesai karena lebih dari 85% jumlah siswa yang mengikuti latihan pembelajaran memperoleh nilai 75 (KKM). Lebih dari 65% siswa memenuhi 75% indikator dan tujuan pembelajaran, hal ini menunjukkan adanya peningkatan indikator dan tujuan pembelajaran. Reaksi siswa yang positif mencapai 88,48%, dan pada ujian N-gain diperoleh nilai rata-rata sebesar 0,77, yang berarti ada peningkatan pada kelas atas.

DAFTAR PUSTAKA

Albana, M.Z. & Syahr, Z.H.A. (2021). Pos bantuan hukum (POSBAKUM) di pengadilan: Wujud pemenuhan keadilan sosial bagi masyarakat. *Education and Humanities*.

Anggreni, F. & Sari, R. (2022). Pendampingan penyusunan e-modul menggunakan aplikasi heyzine untuk mendukung program madrasahh digital. *International Conference on University-Community Engagement*, 4, 263-267.

Arnila, R., Purwaningsih, S. & Nehru. (2021). Pengembangan e-modul berbasis STEM (*sains, technology, engineering, and mathematic*) pada materi fluida statis dan fluida dinamis menggunakan kivosft flipbook maker. *Jurnal Pendidikan,* 5(1), 551-556. https://web.archive.org/web/20210814170646/https://ummaspul.e-journal.id/maspuljr/article/download/1216/488

Habib, A., Astra, I.M. & Utomo, E. (2020). Kebutuhan multimedia interak*tif bagi guru dan siswa sekolah dasar. Jurnal Riset Dan Inovasi Pendidikan, 3(1), 25–35.*

Hasanah, N.A. (2019). *Pengembangan modul bioteknologi berbasis STEAM (sains, technology, engineering, arts, and mathematics) dilengkapi animasi flash utuk pembelajaran biologi SMA/MA*. Thesis, Universitas Jember.

Hasratuddin. (2015). *Mengapa harus belajar matematika?*. Medan: Perdana Publishing.

Indriana, L. & Maryati, I. (2021) Kemampuan pemecahan masalah matematis siswa smp pada materi segiempat dan segitiga di kampung Sukagalih. *Jurnal Pendidikan Matematika,* 1(3), 541-552.

Nisa, S. A. & Wandani, R. W. (2023) Strategi pemecahan masalah untuk mengatasi rendahnya kemampuan pemecahan masalah siswa kelas IV sekolah dasar. *Jurnal Elementaria Edukasia*, 6(2), 242-249. DOI: https://doi.org/10.31949/jee.v6i2.5351

Pelawi, J.T. & Is, M.F. (2021). Undang-undang nomor 20 tahun 2003 tentang sistem pendidikan nasional dalam upaya pencegahan pernikahan dini (dibawah umur). *Jurnal Education and Development*, 9(2), 562-566.

Rinaldi, E. & Afriansyah, E.A. (2019). Perbandingan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa antara problem centered learning dan *problem based learning*. NUMERICAL*: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 9-18. DOI: https://doi.org/10.25217/numerical.v3i1.326

Setiawati, F. (2022). Dampak kebijakan perubahan kurikulum terhadap pembelajaran di sekolah. NIẒĀMULILMI: *Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 7(1), 1-17. DOI: https://doi.org/10.1042/nizamulilmi.v7i1.124

Sriwahyuni, K. & Maryati, I. (2022). Kemampuan pemecahan masalah matematis siswa pada materi statistika. Jurnal Pendidikan Matematika, 2(2), 335-344.

Winarsih, M. & Mampouw, H. L. (2019). Profil pemahaman himpunan oleh siswa berdasarkan perbedaan kemampuan matematika ditinjau dari teori apos. Mosharafa: *Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(2), 249-260. DOI: https://doi.org/10.31980/MOSHARAFA.V8I2.506

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Penggunaan Metode Simpleks dalam Mengoptimalisasi Keuntungan Penjualan Es Kul-Kul

Fertianus Waruwu[1*] Cut Rania Andini[2], Destia Krisela Simamora[3], Dwi Ayu Febrianti[4], Eka Finanti Simamora[5], Engeli Emmanuela Br Tambunan[6], Gebriel Saron Silaban[7]

[1,2,3,4,5,6,] *Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*

**Coresponding Author: fertiwaruwu4@gmail.com*

Abstrak, pemrograman linier adalah metode strategis yang menggunakan model matematika untuk menyelesaikan masalah dalam menentukan campuran produk terbaik dengan memanfaatkan sumber daya terbatas guna mencapai tujuan yang efisien. Salah satu masalah pemograman linear yang akan diteliti adalah usaha Es Kul-Kul Aisyah di Deli Serdang dimana hal ini bertujuan mengoptimalkan keuntungan harian dengan ketersediaan bahan baku terbatas untuk tiga varian es kul-kul, yaitu semangka, pepaya, dan anggur. Dalam menyelesaikan masalah pemrograman linier dengan dua atau lebih variabel keputusan, peneliti menggunakan metode Simpleks yang merupakan salah satu strategi yang melibatkan proses iterasi berulang pada tabel Simpleks untuk menemukan kombinasi yang optimal. Penelitian dilaksanakan di Es Kul-Kul Aisyah, Jl. Kenangan Baru, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang. Sumber data yang digunakan adalah data primer yang didapatkan secara langsung melalui wawancara kepada pemilik Es Kul-Kul Aisyah. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh jumlah produksi optimum es kul-kul yang harus dibuat agar keuntungan maksimum dapat dicapai, yaitu 50 pcs untuk varian semangka, 25 pcs untuk varian pepaya, dan 20 pcs untuk varian anggur, sehingga total keuntungan mencapai Rp130.000 per hari.

Kata kunci: Es Kul-Kul; Metode Simpleks; Program Linear; Optimasi Keuntungan.

***Abstract**, linear programming is a strategic method that uses mathematical models to solve problems in determining the best product mix by utilizing limited resources to achieve efficient goals. One of the linear programming problems that will be studied is the Es Kul-Kul Aisyah business in Deli Serdang where it aims to optimize daily profits with limited raw material availability for three variants of es kul-kul, namely watermelon, papaya, and grapes. In solving linear programming problems with two or more decision variables, researchers use the Simplex method which is one strategy that involves a repeated iteration process on the Simplex table to find the optimal combination. The research was conducted at Es Kul-Kul Aisyah, Jl. Kenangan Baru, Percut Sei Tuan District, Deli Serdang Regency. The data source used is primary data obtained directly through interviews with the owner of Es Kul-Kul Aisyah. Based on the research results, the optimum production amount of ice kul-kul that must be made so that maximum profit can be achieved is 50 pcs for the watermelon variant, 25 pcs for the papaya variant, and 20 pcs for the grape variant, so that the total profit reaches IDR 130,000 per day.*

***Keywords**: Es Kul-Kul; Simplex Method; Linear Programming; Profit Optimization.*

Citation : Waruwu, F., dkk. (2024). Penggunaan Metode Simpleks dalam Mengoptimalisasi Keuntungan Penjualan Es Kul-Kul. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 360 – 366

PENDAHULUAN

Sejak mewabahnya Covid-19, jumlah Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) meningkat sangat pesat. UMKM merupakan salah satu pilar utama perekonomian Indonesia dan sangat membantu dalam pengalokasian pendapatan masyarakat. UMKM berperan beberapa alat perkembangan perekonomian yang dapat menumbuhkan penerimaan pendapatan negara, meningkatkan perkembangan perekonomian secara merata, menciptakan pekerjaan, memenuhi keperluan sekelompok orang, serta mendongkrak perekonomian dalam keadan sulit. UMKM dapat

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

didefenisikan sebagai usaha produktif yang termasuk dalam kategori usaha mikro dan dimiliki oleh perorangan, organisasi, atau badan hukum. (Susilowati dkk., 2022). Salah satu contoh produk yang dapat dihasilkan oleh UMKM adalah es kul-kul. Es kul-kul merupakan sajian buah segar yang dibekukan kemudian ditusuk, dan dilapisi cokelat leleh dengan tambahan topping yang berbagai macam. Makanan penutup yang menyegarkan ini memadukan manisnya cokelat dengan rasa alami buah. Es kul-kul ini sangat di gemari oleh kalangan anak-anak, remaja hingga dewasa. Seiring berjalannya waktu es kul-kul sudah jarang di temukan. Oleh karena itu, Potensi usaha es kul-kul memiliki sasaran yang cukup besar karena banyak di sukai semua kalangan, dari anak-anak sampai kepada orang dewasa (Mulyono, R dkk., 2024).

Saat memulai usaha seperti es kul-kul, beberapa faktor harus diperhatikan, seperti mendapatkan bahan baku yang terjangkau namun berkualitas tinggi, mengamankan lokasi utama, mengembangkan keterampilan untuk menarik pelanggan, dan menciptakan profil rasa yang khas, dan lain sebagainya. Merupakan aspirasi umum bagi para pengusaha untuk menginvestasikan modal minimal untuk meraup keuntungan besar. (Hidayah dkk., 2022). Keadaan dalam usaha, seluruh unit ekonomi menempuh kesulitan tertinggi seperti menurunkan harga maupun mengoptimalkan pendapatan melalui pertimbangan dari macam-macam batasan, contohnya persedian modal yang tidak banyak akan menghasilkan pendapatan yang maksimal untuk mencapai terpenuhinya kebutuhan perusahaan. (Azizah dkk., 2023). Dengan demikian, krusial untuk pembisnis agar menyusun rencana yang efektif untuk menumbuhkan keuntungan yang mereka hasilkan.

Optimalisasi keuntungan dalam konteks UMKM seperti es kul-kul dapat dicapai melalui berbagai metode, salah satunya adalah metode simpleks yang merupakan bagian dari program linear. Program linear maupun optimasi linear adalah metode yang digunakan agar dapat menyelesaikan kesulitan optimasi dengan membentuk model fungsi sasaran serta masalah yang sifatnya tidak terputus. Menurut Aningke dkk (2020), program linear adalah pendekatan yang digunakan mencari solsui optimal dengan memformulasikan masalah menjadi fungsi arahan dan berbagai masalah yang berupa hubungan tidak terputus. Fungsi program linier terbagi menjadi dua. Pertama, fungsi tujuan yang digunakan untuk mengidentifikasi sasaran utama dari masalah yang dianalisis. Dan kedua, fungsi kendala yang menggambarkan keterbatasan atau batasan persedian modal kebutuhan harus dipenuhi (Sundari dkk., 2022).

Metode simpleks adalah cara yang sangat banyak digunakan serta berhasil dalam pemecahan masalah program linear. Fungsi arahan yang terdapat pada kendala program linear mengikutsertakan kendala maksimasi dan minimasi dengan gabungan persamaan linear dengan masalah pertidaksamaan. terdapat berbagai macam cara yang tidak sama dalam menyelesaikanprogram linear contohnya cara simpleks, dual-simpleks, Big-M serta dua tahap (Hussain dkk, 2019). Metode simpleks pemecahan kendala program linear memakai cara yang dapat memecahkan dengan pantas, serta memakai tahapan iteratif, meningkatkan penyelesaian agar diwujudkan pemecahan yang masksimal (Fikri dkk., 2021). Metode simpleks dapat digunakan untuk menentukan keuntungan maksimum dari penjualan es kul-kul.

Penelitian oleh Kustiawati dkk (2022) menunjukkan metode simpleks dapat digunakan untuk mengoptimalkan keuntungan yang dapat diperoleh dari penjualan roti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode ini, Delicious Bakery dapat mengoptimalkan keuntungan hingga $Rp\,494.900$ per hari. Penelitian ini menekankan efisiensi metode simpleks dalam menyelesaikan masalah optimasi keuntungan di bisnis kecil. Kemudian dalam penelitian yang

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dilakukan oleh Rumetna dkk (2020) metode simpleks digunakan dalam menganalisa jumlah pendapatan maksimum pada pembuatan lemon cina serta daun jeruk purut. Diharapkan apabila memakai cara ini, petani dapat mengetahui kombinasi produksi yang memberikan keuntungan optimal sesuai dengan kapasitas dan harga jual produk. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menemukan keuntungan maksimal dalam penjualan es kul-kul dengan menggunakan metode simpleks.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif dengan menggunakan pendekatan studi kasus. Penelitian yang menganalisis dan menyelesaikan permasalahan terkini dengan menggunakan data numerik dikenal dengan penelitian kuantitatif. Sebaliknya, teknik studi kasus adalah serangkaian penyelidikan ilmiah yang dilakukan pada tingkat individu, kelompok, lembaga, atau organisasi untuk memperoleh pemahaman menyeluruh tentang suatu program, peristiwa, atau kegiatan. inisiatif, aktivitas, dan insiden. Peristiwa yang dipilih (untuk selanjutnya disebut kasus) biasanya merupakan peristiwa aktual yang terjadi pada saat ini, bukan kejadian sebelumnya (Ridlo, 2023).

Penelitian dilaksanakan di Es Kul-Kul Aisyah, Jl. Kenangan Baru, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, tepatnya berada di seberang gerbang 1 UNIMED. Dasar informasi yang dipakai merupakan informasi primer yang diperoleh secara nyata dengan melakukan tanya jawab terhadap pembuat Es Kul-Kul Aisyah. Wawancara dilaksanakan pada hari Selasa tanggal 29 Oktober 2024. Data yang didapatkan seperti persediaan bahan utama dan biaya produksi pemasaran es kul-kul. Data kemudian dianalisis menggunakan metode simpleks.

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data secara langsung melalui wawancara dengan penjual es kul-kul Aisyah. Data yang dikumpulkan mencakup penggunaan bahan baku, biaya produksi, serta ketersediaan bahan baku untuk pembuatan es kul-kul dengan varian semangka, pepaya, dan anggur. Setelah itu, dilakukan perumusan masalah untuk memahami pendapatan maksimal yang dapat diperoleh dalam kondisi optimal serta menentukan jumlah produksi es kul-kul dari setiap varian guna mencapai keuntungan maksimum. Selanjutnya, permasalahan dianalisis dalam bentuk tabel yang mencakup jenis bahan baku, kapasitas bahan baku yang tersedia, serta kebutuhan bahan baku per produk. Analisis ini bertujuan untuk membentuk model matematis yang terdiri dari fungsi tujuan dan fungsi pembatas. Model ini kemudian diselesaikan menggunakan metode program linear dengan teknik simpleks untuk memperoleh solusi optimal. Setelah solusi diperoleh, dilakukan pengujian terhadap model yang telah dibentuk dengan menerapkan perhitungan metode simpleks. Hasil yang diperoleh kemudian dievaluasi untuk memastikan bahwa solusi yang didapat sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu memaksimalkan keuntungan dari produksi es kul-kul.

Metode peecahan masalahmenggunakan metode simpleks berdasarkan (Haslan dkk., 2018) dengan tahapan; (1) mengganti fungsi tujuan dan kendala pada model standar; (2) merangkai seluruh nilai kedalam diagram simpleks; (3) memutuskan kolom kunci (variabel keputusan) yang digunakan menjadi variabel basis (*entering variable*). Kolom kunci adalah kolom yang memiliki nilai pada baris Z (fungsi tujuan) yang bernilai negatif (-) dengan jumlah terbesar; (4) memutuskan baris kunci, supaya melakukan variabel yang akan keluar dari baris kunci (*leaving variable*), dengan perhitungan indeks persamaan (1); (5) mengganti nilai-nilai pada baris kunci, menggunakan metode pembagian angka kunci Angka kunci adalah nilai yang keberadaanya pada perpotongan antara kolom kunci dengan baris kunci dengan persamaan (2); (6) membuat baris baru dengang mengganti nilai-nilai

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

baris (selain baris kunci) yang mengakibatkan nilai-nilai kolom kunci $= 0$, dengan mengikuti perhitungan persamaan (3); dan (7) mengulangi tahapan hingga nilai negatif tidak ditemukan pada baris fungsi tujuan.

$$indeks = \frac{nilai\ kanan\ (NK)}{nilai\ setiap\ baris\ pada\ kolom\ kunci} \quad (1)$$

$$nilai\ baris\ kunci\ baru = \frac{nilai\ pada\ baris\ kunci\ lama}{angka\ kunci} \quad (2)$$

$$Nilai\ baris\ baru = nilai\ baris\ lama - (KKAK \times NBBK) \quad (3)$$

Dimana keterangan untuk persamaan (3); KKAK= Koefisien angka kolom kunci (nilai setiap baris kolom kunci; NBBK= Nilai baris kunci.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan observasi, diperoleh data terkait bahan dasar yang akan digunakan dalam pembuatan es kul-kul, berikut adalah tabel yang berkaitan dengan data diatas:

Tabel 1. Bahan Baku, Produk, dan Kapasitas

Bahan Baku	Produk			Kapasitas
	Semangka	Pepaya	Anggur	
Semangka	40 g	-	-	2000 g
Pepaya	-	20 g	-	500 g
Anggur	-	-	50 g	1000 g
Coklat	11 g	11 g	11 g	1045 g
Ceres	5 g	5 g	5 g	475 g

Dari tabel 1, terdapat fungsi tujuan dan fungsi kendala yang dinyatakan dalam bentuk persamaan dan pertidaksamaan matematis untuk masing masing fungsi tujuan dan fungsi kendala. Fungsi tujuan (memaksimumkan): $Z = 1400x_1 + 1200x_2 + 1500x_3$ dan Fungsi kendala; $40x_1 \leq 2000;\ 20x_2 \leq 500;\ 50x_1 \leq 1000;\ 11x_1 + 11x_2 + 11x_3 \leq 1045;$ dan $5x_1 + 5x_2 + 5x_3 \leq 475$. Kemudian fungsi tujuan diubah menjadi fungsi implisit yaitu semuanya bergeser ke arah kiri sedangkan fungsi kendala berubah dari pertidaksamaan menjadi persamaan dengan menambahkan variabel slack. fungsi tujuan (memaksimumkan): $Z - 1400x_1 - 1200x_2 - 1500x_3 = 0$, sedangkan untuk fungsi kendala; $40x_1 + S_1 = 2000;\ 20x_2 + S_2 = 500;\ 50x_1 + S_3 = 1000;\ 11x_1 + 11x_2 + 11x_3 + S_4 = 1045;$dan $5x_1 + 5x_2 + 5x_3 + S_5 = 475.$ Selanjutnya menyusunan persamaan pada fungsi tujuan dan fungsi pembatas ke tabel simpleks untuk dilakukan iterasi.

Tabel 2. Tabel simpleks

$Basis$	x_1	x_2	x_3	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	NK
Z	−1400	−1200	−1500	0	0	0	0	0	
S_1	40	0	0	1	0	0	0	0	2000
S_2	0	20	0	0	1	0	0	0	500
S_3	0	0	50	0	0	1	0	0	1000
S_4	11	11	11	0	0	0	1	0	1045
S_5	5	5	5	0	0	0	0	1	475

Setelah menyusun persamaan ke tabel simpleks, akan dilakukan iterasi. Tahapan pertama melakukan iterasi adalah menentukan kolom kunci dengan memilih pada baris fungsi tujuan Z yang memiliki nilai negatif paling tinggi. x_3 menjadi kolom kunci, karena pada baris fungsi tujuan Z memiliki nilai negatif paling tinggi, selanjutnya menentukan baris kunci dengan nilai indeks yang paling kecil dan S_3 menjadi baris kunci serta menentukan nilai indeks menggunakan persamaan (1).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai kunci, nilai kunci merupakan nilai yang dipilih dari perpotongan kolom kunci dengan baris kunci. Sehingga nilai kunci pada tabel iterasi ini adalah 50, karena perpotongan antara kolom kunci dengan baris kunci. Langkah selanjutnya menentukan baris baru pada baris kunci dan baris lainnya dengan persamaan (2) dan persamaan (3). Hasil dari iterasi 1 dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil iterasi 1

$Basis$	x_1	x_2	x_3	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	NK
Z	-1400	-1200	*0*	0	0	30	0	0	30.000
S_1	*40*	*0*	*0*	1	*0*	*0*	*0*	*0*	2000
S_2	*0*	*20*	*0*	0	*1*	*0*	*0*	*0*	500
x_3	*0*	*0*	*1*	0	*0*	$\frac{1}{50}$	*0*	*0*	20
S_4	*11*	*11*	*0*	0	*0*	$-\frac{11}{50}$	*1*	*0*	825
S_5	*5*	*5*	*0*	0	*0*	$-\frac{5}{50}$	*0*	*1*	375

Karena pada baris fungsi tujuan masih memiliki nilai negatif, maka di lakukan iterasi 2 dengan cara yang sama, dengan cara yang sama akan dilakukan iterasi yang kedua. Hasil iterasi 2 dapat dilihat secara terperinci pada tabel 4 dan pada baris fungsi tujuan masih memiliki nilai negatif, sehingga dilakukan pada iterasi ke-3 dengan cara yang sama. Hasil iterasi ke-3 dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 4. Hasil iterasi 2

$Basis$	x_1	x_2	x_3	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	NK
Z	0	-1200	0	35	0	30	0	0	100.000
x_1	1	0	0	$\frac{1}{40}$	0	0	0	0	50
S_2	0	20	0	0	1	0	0	0	500
x_3	0	0	1	0	0	$\frac{1}{50}$	0	0	20
S_4	0	11	0	$-\frac{11}{40}$	0	$-\frac{11}{50}$	1	0	225
S_5	0	5	0	$-\frac{5}{40}$	0	$-\frac{5}{50}$	0	1	125

Tabel 5. Hasil iterasi 3

$Basis$	x_1	x_2	x_3	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	NK
Z	0	0	0	35	60	30	0	0	130.000
x_1	1	0	0	$\frac{1}{40}$	0	0	0	0	50
x_2	0	1	0	0	$\frac{1}{20}$	0	0	0	25
x_3	0	0	1	0	0	$\frac{11}{50}$	0	0	20
S_4	0	0	0	$-\frac{11}{40}$	$-\frac{11}{20}$	$-\frac{11}{50}$	1	0	0
S_5	0	0	0	$-\frac{5}{40}$	$-\frac{5}{20}$	$-\frac{5}{50}$	0	1	0

Setelah melakukan perhitungan keuntungan *linear programing* dengan metode simpleks, menunjukkan hasil yang optimal. Dengan mendapatkan keuntungan yang maksimum, es kul-kul Aisyah harus memproduksi es kul-kul varian semangka sebanyak 50 pcs, varian pepaya sebanyak 25 pcs, dan varian anggur sebanyak 20 pcs. Untuk menentukan keuntungan maksimum, substitusikan kedalam fungsi tujuan pada persamaan $Z = 1400x_1 + 1200x_2 + 1500x_3$ dan diperoleh nilai Z = 130.000. Sehingga dari perhitungan sebelumnya, keuntungan maksimum yang didapatkan untuk satu hari pada penjualan es kul-kul dengan variasi semangka, pepaya dan anggur adalah $Rp.130.000{,}00$

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa keuntungan optimal dari produksi es kul-kul dapat diperoleh dengan memproduksi es kul-kul varian semangka (x_1) sebanyak 50 pcs, es kul-kul varian pepaya (x_2) sebanyak 20 pcs, dan es kul-kul varian anggur (x_3) sebanyak 25 pcs. Sehingga keuntungan maksimumnya mencapai $Rp.130.000$ per hari. Dalam hal ini, metode simpleks dapat digunakan sebagai acuan dalam pengambilan keputusan untuk mengoptimalkan keuntungan dalam memproduksi produk bagi pelaku UMKM. Sehingga UMKM dapat memenuhi prinsip ekonomi yaitu dengan modal sekecil-kecilnya untuk memperoleh keuntungan sebesar-besarnya, sebagai upaya mendorong pertumbuhan ekonomi lebih merata dan mencegah krisis ekonomi dimasa yang akan datang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada teman-teman yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penelitian ini. Dukungan dan kerjasama dari teman teman sangat berarti dalam setiap tahap penelitian, mulai dari proses pengumpulan data hingga analisis dan penyusunan laporan akhir. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu matematika dan menginspirasi penelitian-penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Aningke, T., Hartama, D., Andani, S. R., Solikhun, S., & Hardinata, J. T. (2020, July). Linear Programming Metode Simpleks Dalam Optimasi Keuntungan Produksi Makanan Ringan. In *Prosiding Seminar Nasional Riset Information Science (SENARIS)* (Vol. 2, pp. 365-375).

Azizah, A., Ulum, K., Roni, F., & Reptiningsih, E. (2023). Analisis Penerapan Metode Simpleks Linier Programming Pada Home Industry Martabak. *Journal of Trends Economics and Accounting Research*, *4*(2), 388-395. https://doi.org/10.47065/jtear.v4i2.1059.

Fikri, A. J., Aini, S., Sukandar, R. S., Safiyanah, I., & Listiasari, D. (2021). Optimalisasi Keuntungan Produksi Makanan Menggunakan Pemrograman Linier Melalui Metode Simpleks. *Jurnal Bayesian: Jurnal Ilmiah Statistika dan Ekonometrika*, *1*(1), 1-16. https://doi.org/10.46306/bay.v1i1.1

Hidayah, A. A., Harahap, E., & Badruzzaman, F. H. (2022). Optimasi Keuntungan Bisnis Bakery Menggunakan Program Linear Metode Simpleks. *Jurnal Matematika*, 21(1), 77-83.

Hussain, M. R., Qayyum, M., & Hussain, M. E. (2019). Effect of seven steps approach on simplex method to optimize the mathematical manipulation. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, *7*(5), 34-43.

Kustiawati, D., Ramdhani, N. F., Utami, P. A., & Putri, S. (2022). Penerapan metode simpleks dalam memperoleh optimalisasi keuntungan sebuah bisnis. *Jurnal Pendidikan dan Konseling (JPDK)*, *4*(6), 6197-6208. https://doi.org/10.31004/jpdk.v4i6.9275.

Mulyono, R., Purbanuswanto, W., Triyono, S., & Wibisono, T. A. (2024). Pembuatan Es Kul-Kul: Inovasi Enterpreneur Dalam Mengolah Buah-Buahan Beragam Menjadi Produk Menarik. *Buletin Pengabdian Multidisiplin*, *2*(1), 50-60. https://doi.org/10.62385/budimul.v2i1.109

Rumetna, M. S., Lina, T. N., Dimara, A., Sianturi, C., Metalmety, C., Lengkong, K., ... & Putra, W. W. (2020). Penerapan Metode Simpleks Dalam Optimalisasi Keuntungan Hasil Produksi

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Lemon Cina Dan Daun Jeruk Purut. *Electro Luceat*, *6*(1), 93-101. https://doi.org/10.32531/jelekn.v6i1.206.

Ridlo, U. (2023). *Metode Penelitian Studi Kasus*: *Teori Dan Praktik* (p.33). Jakarta Selatan: Publica Indonesia Utama.

Sundari, N., Febriyanti, P. S., Angelica, A., Lukmana, L., Apriyanti, B., Cristin, F. Z., & Effendy, D. (2022). Optimalisasi Keuntungan Ayam Geprek Menggunakan Pemrograman Linear Metode Simpleks. *Jurnal Pustaka Aktiva (Pusat Akses Kajian Akuntansi, Manajemen, Investasi, dan Valuta)*, *2*(1), 1-6. https://doi.org/10.55382/jurnalpustakaaktiva.v2i1.132.

Susilowati, H., Ratnaningrum, Andriana, M., Hargyatni, T., & Sholihah, E. (2022). *Kinerja Bisnis UMKM di Era Digital* (p.1). Jawa Tengah: Eureka Media Aksara.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengaruh Model Pembelajaran *Discovery Learning* Berbantuan Geogebra terhadap Kemampuan Penalaran Matematis Siswa Kelas VIII SMPN 35 Medan

Nehemia Ebenna Ezeria Bakara
Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
Coresponding Author:nehemiabkr@mhs.unimed.ac.id

Abstrak, penelitian ini memiliki tujuan untuk mengkaji bagaimana kemampuan penalaran matematis dipengaruhi oleh model pembelajaran discovery learning berbantuan Geogebra. Penelitian ini dilaksanakan pada semester ganjil Tahun Ajaran 2024/2025 di SMP Negeri 35 Medan. Metodologi penelitian ini adalah quasi eksperimen dengan desain penelitian pretest-posttest control group. Sampel untuk kelas eskperimen yaitu kelas VIII-3 dan kelas kontrol yaitu kelas VIII-4 dipilih dengan menggunakan teknik purposive sampling. Metode pengumpulan data kemampuan penalaran matematis melalui penilaian tes. Analisis data yang dilakukan menggunakan uji-t berbantuankan aplikasi IBM SPSS 25 dan uji N-Gain. Hasil dari temuan penelitian ini menunjukkan bahwa kemampuan penalaran matematis siswa kelas VIII SMP Negeri 35 Medan dipengaruhi oleh model pembelajaran discovery learning berbantuan Geogebra. Artinya, terdapat perbedaan di mana nilai rata-rata kemampuan penalaran matematis siswa kelas eksperimen berbeda dengan nilai rata-rata kelas kontrol, berdasarkan temuan uji-t terhadap dua sampel independen, diperoleh signifikansi sebesar 0,000 < 0,05. Hasil dari uji N-Gain juga menunjukkan bahwa siswa yang dikenai model pembelajaran discovery learning berbantuan Geogebra mendapat peningkatan kemampuan penalaran matematis yang lebih tinggi serta terbukti cukup efektif dalam menerapkannya, dibandingkan dengan siswa yang tidak dikenai model pembelajaran discovery learning berbantuan Geogebra.
Kata kunci: Discovery Learning; Geogebra; Kemampuan penalaran matematis

Abstract, *this study aims to examine how mathematical reasoning ability is influenced by GeoGebra-assisted discovery learning learning model. This research was conducted in the odd semester of the 2024/2025 academic year at SMP Negeri 35 Medan. The methodology of this study is quasi-experimental with pretest-posttest control group research design. Samples for experimental class VIII-3 and control Class VIII-4 were selected using purposive sampling technique. Methods of collecting data mathematical reasoning ability through assessment tests. Data analysis was conducted using IBM SPSS 25 application-assisted t-test and N-Gain Test. The results of the findings of this study indicate that the mathematical reasoning ability of grade VIII students of SMP Negeri 35 Medan is influenced by the GeoGebra-assisted discovery learning learning model. That is, there is a difference in which the average value of mathematical reasoning ability of experimental class students is different from the average value of the control class, based on the findings of the t-test on two independent samples, obtained significance of 0.000 < 0.05. The results of the N-Gain test also showed that students who were subjected to the GeoGebra-assisted discovery learning learning model received an increase in higher mathematical reasoning ability and proved to be quite effective in applying it, compared to students who were not subjected to the Geogebra-assisted discovery learning learning model*.
Keywords*: Discovery Learning, Geogebra, Mathematical Reasoning Ability*

Citation : Bakara, N. E. E. (2024). Pengaruh Model Pembelajaran Discovery Learning Berbantuan Geogebra terhadap Kemampuan Penalaran Matematis Siswa Kelas VIII SMPN 35 Medan. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 367 – 373

PENDAHULUAN

Salah satu kebutuhan dasar manusia adalah pendidikan. Pendidikan dianggap oleh umat manusia sebagai kegiatan hidup yang sangat bermanfaat. Sistem pendidikan sebagian besar

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

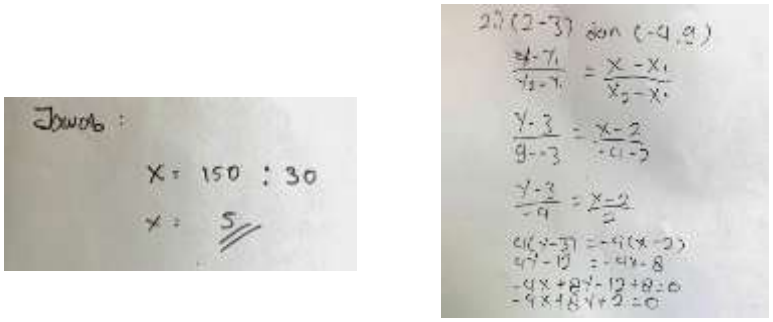
dipandang sebagai faktor penting yang menjadi dasar perkembangan dan kemajuan individu, yang pada gilirannya menjadi inti pembangunan negara. Pendidikan merupakan sarana pembelajaran suatu ilmu seperti matematika. Tidak dapat disangkal pentingnya matematika dalam pendidikan dan kehidupan sehari-hari. Pentingnya matematika telah diakui secara luas dalam publikasi penelitian.

Menurut Ayal (dalam Romadhina et al., 2019) Salah satu tujuan pendidikan matematika Permendiknas No. 22 Tahun 2016 adalah untuk mendorong siswa berpikir, sebagaimana disebutkan dalam kalimat (2) Menggunakan penalaran berdasarkan pola dan sifat, melakukan manipulasi matematika dalam membuat generalisasi, mengumpulkan bukti, atau menjelaskan ide dan pernyataan matematika. Untuk mendukung anak-anak dalam mengembangkan keterampilan berpikir kooperatif serta kemampuan berpikir logis, analitis, dan sistematis, matematika harus diajarkan di sekolah dasar. Sangat jelas dinyatakan bahwa penalaran matematis dan pengajaran matematika saling terkait erat karena pengetahuan tentang mata pelajaran diperoleh melalui penalaran matematis, yang dipahami melalui studi matematika.

Jelaslah bahwa meningkatkan penalaran matematis siswa merupakan salah satu tujuan utama pendidikan saat ini. Namun, intensitas persyaratan untuk penalaran matematis tidak selalu sesuai dengan situasi di lapangan. *Trend In International Mathematics And Science Studi* (TIMSS), menunjukkan bahwa prestasi akademik siswa Indonesia tergolong rendah. TIMSS 2015, yang dikeluarkan pada bulan Desember 2016, mengungkapkan bahwa kemampuan matematika bangsa kita berada pada posisi ke-44 dari 49 negara peserta.(Hadi & Novaliyosi, 2019).

Fakta lainnya adalah bahwa siswa di negara kita masih memiliki kompetensi matematika yang sangat rendah, menurut Program Penilaian Siswa Internasional (PISA). Siswa Indonesia mendapat nilai kemampuan matematika sebesar 366 dalam penilaian PISA terbaru yang dilakukan pada tahun 2022. Skor ini mengalami penurunan dari tahun-tahun sebelumnya. Fakta bahwa siswa Indonesia biasanya tidak fokus pada masalah yang menekankan pengaplikasian matematika dalam konteks sehari-hari menjadi salah satu kriteria yang menempatkan Indonesia terbawah dalam studi PISA (Azizah et al., 2017).

Berdasarkan pengamatan peneliti yang dilaksanakan pada kelas VIII SMP Negeri 35 Medan, diberikan tes berupa tes diagnostik untuk mengetahui seberapa baik tingkat penalaran matematis siswa.



Gambar 1. Hasil Jawaban Tes Diagnostik Siswa

Dari 32 siswa kelas VIII, diperoleh 1 siswa (3,125%) dinilai sangat baik, 5 siswa (15,625%) dinilai baik, kemudian dinilai cukup ada sebanyak 10 (31,25%), serta dinilai kurang baik ada 16 siswa (50%). Dengan demikian pula, nilai rata-rata siswa diperoleh rendah yaitu 52,34. Adalah mungkin bagi peneliti untuk menyimpulkan bahwa banyak siswa masih mengalami kesulitan menggunakan penalaran untuk memecahkan masalah aritmatika. Ketidakmampuan siswa untuk

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

bernalar melalui soal matematika dipengaruhi oleh pemilihan model pembelajaran yang kurang efektif dalam mengembangkan kemampuan penalaran matematisnya.

Mengingat kemampuan siswa yang buruk dalam penalaran matematis, diperlukan inisiatif atau intervensi untuk meningkatkan kecakapan siswa dalam bidang ini. Penting untuk memandang siswa sebagai individu unik yang mampu berpikir kritis, berkreasi, dan aktif mengeksplorasi ide matematika mereka sendiri. Oleh sebab itu, untuk mendukung kemampuan penalaran matematis siswa, diperlukan suatu model pembelajaran yang memadai dan relevan. Oleh karena itu, model pembelajaran *discovery learning* merupakan salah satunya.

Model pembelajaran *discovery learning* dapat diterima dan bermanfaat untuk meningkatkan keterampilan penalaran matematis. Sesuai perspektif ahli dan kerangka teori, pembelajaran *discovery learning* dicirikan sebagai prosedur pendidikan yang memberikan siswa kesempatan untuk bekerja secara langsung pada beragam tantangan untuk meningkatkan kemampuan kognitif mereka dan mengenali konsep atau generalisasi yang dapat diterapkan dalam skenario dunia nyata (Halim & Rustiyanti, 2018).

Sintaks model pembelajaran discovery learning, yang menetapkan bahwa siswa secara eksklusif bertugas menentukan dan mempertimbangkan tujuan pembelajarannya dengan menggunakan sintaks berikut, mendukung hal ini: (1) Identifikasi Masalah, (2) Pengumpulan Data, (3) Pengolahan Data, (4) Pembuktian, dan (5) Kesimpulan. Dengan model ini, keterlibatan guru terbatas pada memberikan masalah kepada siswa untuk dipecahkan untuk merangsang mereka, serta mengawasi untuk memastikan bahwa pembelajaran berjalan dengan baik.

Pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran matematika dapat dimanfaatkan dalam mengukur kualitasnya yang tinggi. Kita memiliki beberapa peluang untuk memanfaatkan kemajuan pesat teknologi komputer, salah satunya adalah membantu siswa dalam memahami dan memperkuat kemampuan matematis mereka. Pemahaman siswa tentang matematika dapat disederhanakan lebih lanjut dengan menggunakan komputer untuk mengkomunikasikan banyak konsep abstrak yang menantang untuk dikonseptualisasikan. Geogebra merupakan salah satu sumber belajar berbasis komputer untuk matematika, khususnya geometri.

Pembelajaran yang memanfaatkan aplikasi perangkat lunak Geogebra adalah model pembelajaran *discovery learning* sangat tepat dan saling mendukung. Pada tahap pertama prosedur model pembelajaran penemuan berbantuan Geogebra, (1) Guru dapat melibatkan anak-anak dalam rangkaian dengan menunjukkan gambar ruang kepada mereka menggunakan program Geogebra. (2) Identifikasi masalah: instruktur sekarang mengizinkan kelas untuk menemukan Guru memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengumpulkan informasi tentang masalah tersebut. Buku, eksperimen, internet, pengamatan langsung yang dilakukan dengan menggunakan program Geogebra, dan sumber lainnya semuanya dapat memberikan informasi. (4) Pemrosesan Data: siswa mempertimbangkan temuan analisis data mereka. (5) bukti: Pada titik ini, instruktur mengizinkan siswa untuk memberikan pernyataan yang menjelaskan informasi tersebut. (6) Siswa diminta untuk menarik kesimpulan oleh guru. Jika ada kekurangan, mereka dapat diperbaiki dengan konsep teori yang ada. Berdasarkan permasalahan yang telah diidentifikasi, diperoleh upaya penyelesaian bagi siswa agar memperoleh penalaran matematis yang lebih unggul dengan mengkaji pengaruh diberikannya model pembelajaran *discovery learning* berbantuan Geogebra, maka peneliti terdorong untuk melakukan penelitian dengan judul **"**Pengaruh Model Pembelajaran *Discovery Learning* Berbantuan Geogebra Terhadap Kemampuan Penalaran Matematis Siswa Kelas VIII SMP Negeri 35 Medan".

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metodologi eksperimental, yaitu jenis kuasi eksperimental, dan bersifat kuantitatif. Kuasi eksperimental adalah jenis desain yang mencakup kelompok kontrol tetapi tidak dapat sepenuhnya mengontrol faktor eksternal yang dapat memengaruhi cara eksperimen dilakukan. Penelitian ini melibatkan dua kelas yang menerima perlakuan yang berbeda.

Dalam penelitian ini, peneliti memakai desain penelitian yaitu *Pretest-Posttest control group*. Dua kelompok sampel yang dipilih berpartisipasi menjadi bagian dari penelitian. Satu kelompok menerima perlakuan, sedangkan kelompok yang lainnya tidak menerima perlakuan. Kelompok yang tidak mendapat perlakuan disebut sebagai kelompok kontrol, sedangkan kelompok yang mendapat perlakuan disebut sebagai kelompok eksperimen (Rukminingsih et al., 2020: 57).

Dalam penelitian ini, model pembelajaran *discovery learning* berbantuan Geogebra digunakan untuk mengajar kelas eksperimen, sedangkan pada kelas kontrol tidak diberi perlakuan dengan menggunakan model pembelajaran *discovery learning*. Untuk memastikan kecakapan awal dari kedua kelompok sampel tersebut, dilakukan *pretest* sebelum pengajaran. Teorema Pythagoras adalah mata pelajaran yang sama yang diajarkan di kedua kelas. Sedangkan *posttest* diberikan kepada dua kelas pada akhir sesi pembelajaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, digunakan tes uraian untuk mengevaluasi kemampuan penalaran matematis siswa. *Pretest* dan *posttest* adalah dua bagian dari tes. Sebelum memulai terapi, siswa di kelas eksperimen dan kelas kontrol melakukan pretest untuk memastikan kemampuan awal mereka. Pasca perlakuan, *posttest* diberikan. Seluruh soal *pretest* dan *posttest* pada penelitian ini, seluruhnya dinyatakan valid. Selain itu, validitas soal juga telah diuji oleh 2 dosen dari Universitas Negeri Medan serta seorang pendidik matematika. Peneliti juga melakukan uji reliabilitas, hasil perhitungan menggunakan rumus *Alpha* dengan kategori $0{,}60 < r_{hitung} < 0{,}80$ menunjukkan bahwa data dengan nilai reliabilitas yang tinggi. Butir soal yang sudah di uji kevalidannya inilah yang kemudian diberikan kepada kelompok sampel.

Tujuan penelitian yang dilaksanakan di SMP Negeri 35 Medan adalah mengetahui paradigma pembelajaran *discovery learning* berbantuan Geogebra mempengaruhi penalaran matematis siswa. Sampel penelitian ini terdiri dari kelas VIII-3, yang melibatkan 30 siswa dengan menggunakan model pembelajaran *discovery learning* berbantuan Geogebra sebagai kelas eksperimen, dan kelas VIII-4, yang melibatkan 30 siswa dengan menggunakan model pembelajaran konvensional sebagai kelas kontrol.

Berdasarkan langkah pertama yang dilakukan peneliti, yang melibatkan pemberian *pretest*, kelas eksperimen menunjukkan skor rata-rata 33,80. Sedangkan, kelas kontrol adalah 33,30. Dari perolehan data, dapat disimpulkan bahwa tingkat kemampuan siswa hampir sama sebelum perlakuan diberikan, atau terdapat sedikit perbedaan kemampuan penalaran matematis siswa pada kedua kelas tersebut.

Uji homogenitas digunakan untuk memastikan bahwa perbandingan antara kedua kelompok ini valid. Hasil analisis uji homogenitas menunjukkan bahwa, dengan nilai $p - value\ (0{,}941) > \alpha\ 0{,}05$, variansi kedua kelompok adalah sama. Nilai $p - value$ yang lebih besar menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan varians yang signifikan antar kelompok, mendukung

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

homogenitas asumsi varians yang sama. Di mana, tidak ada perbedaan yang berarti antara keterampilan awal siswa di dua kelas, baik dari segi rata-rata maupun varians. Hal ini menunjukkan bahwa keterampilan awal siswa di kedua kelas tersebut dapat dibandingkan, memberikan landasan yang baik bagi peneliti untuk membandingkan keampuhan berbagai model pembelajaran yang akan diterapkan di setiap kelas.

Langkah selanjutnya adalah pemberian *posttest* setelah diberikannya perlakuan kepada kedua kelas. Diperoleh hasil nilai *posttest* kedua kelas berbeda. Kelas eksperimen mencapai nilai yaitu 81,40. Sedangkan, pada kelas kontrol mencapai nilai 70,50. Nilai *posttest* bersifat homogen dan terdistribusi secara normal, sesuai dengan temuan uji homogenitas dan normalitas. Selanjutnya, uji-t dilakukan untuk mengevaluasi hipotesis. Temuan uji-t menunjukkan $t_{hitung} > t_{tabel}$ atau $5{,}688 > 1{,}671$, sehingga H_0 ditolak dan H_a diterima. Hasil *output* uji-t menunjukkan $Sig.(2-tailed)$ $0{,}000 < 0{,}05$. Dengan demikian, nilai rata-rata untuk kedua kelas tersebut berbeda signifikan. Telah ditentukan bahwa nilai rata-rata kelas eksperimen lebih baik daripada nilai rata-rata kelas kontrol.

Setelah diketahuinya perbedaan dari nilai kedua kelas, maka ditentukan juga apakah dengan perbedaan tersebut perlakuan model pembelajaran *discovery learning* berbantuan Geogebra juga efektif digunakan untuk meningkatkan penalalaran matematis siswa. Oleh karena itu, peneliti melakukan analisis uji *N-Gain*. Secara keseluruhan, kelas eksperimen memperoleh rata-rata *N-Gain* yaitu 0,72 di mana presentasenya 72%, maka terdapat peningkatan pada kemampuan siswa, yaitu berada pada kategori tinggi dan cukup efektif. Selanjutnya pada kelas kontrol, rata-rata *N-Gain* yaitu 0,54 di mana presentasenya 54%, maka juga terdapat peningkatan pada kemampuan siswa walaupun tanpa menggunakan model pembelajaran seperti pada kelas eksperimen tetapi berada pada kategori sedang dan kurang efektif penerapannya dalam meningkatkan kemampuan siswa. Siswa kelas kontrol dan kelas eksperimen diberikan LKPD pada setiap pertemuan untuk dijadikan pedoman dalam menyelesaikan proses pembelajaran. LKPD memuat tugas-tugas yang dimaksudkan untuk membantu siswa menjadi lebih mahir dalam penalaran matematis.

Peneliti telah mengamati bahwa ketika mengajar dengan teknik pembelajaran penemuan berbantuan Geogebra, baik yang berprestasi tinggi maupun yang berprestasi rendah berpartisipasi aktif dalam proses pembelajaran. Langkah-langkah dalam model pembelajaran *discovery learning* dapat membantu siswa dalam memperoleh pengalaman praktis dalam berbagai skenario sehingga mereka dapat menerapkan keterampilan kognitifnya untuk mengenali konsep-konsep yang akan menjadi dasar bagi hasil pembelajaran. Untuk memaksimalkan jumlah waktu untuk tahap diskusi, di mana siswa diharapkan untuk mencari, mengumpulkan, dan mengolah informasi dengan caranya masing-masing, yang kemudian akan disimpan oleh guru, merangsang dan memfasilitasi percakapan membantu siswa menjadi siap untuk melanjutkan.proses pembelajaran. Hasilnya, paradigma pembelajaran ini dapat membuat matematika lebih bermakna bagi anak-anak, yang meningkatkan kemungkinan mereka dapat mengembangkan keterampilan penalaran matematika mereka.

Selain itu, berdasarkan pengamatan yang dilakukan oleh peneliti di kelas kontrol, tampak bahwa banyak siswa yang kurang terlibat dalam proses pembelajaran dan hanya sebagian kecil yang termotivasi untuk mengikuti proses pembelajaran. Hal ini diduga terjadi karena sebagian besar siswa mata pelajaran kontrol diindoktrinasi menjadi pembelajar pasif; akibatnya, lebih sedikit siswa yang mengeksplorasi pemahaman mereka tentang konsep matematika, dengan guru

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

bertindak sebagai model pembelajaran utama di kelas. Ketika diminta menjawab soal latihan, beberapa siswa dalam kelompok kontrol tampak tidak tertarik. Banyak dari mereka berbicara dengan teman sekelas alih-alih memperhatikan, yang menyebabkan mereka mencapai hasil yang kurang ideal.

Kebutuhan akan kreativitas dan pembaruan dalam upaya meningkatkan kecakapan siswa dalam bernalar matematis. Memilih model pembelajaran yang tepat dan memanfaatkan materi pembelajaran sama pentingnya untuk meningkatkan pemahaman. Salah satu alat pembelajaran yang dimanfaatkan peneliti untuk membantu siswa dalam belajar matematika adalah Geogebra. Eksperimen di kelas telah menunjukkan bahwa mengajar siswa dengan Geogebra meningkatkan keterampilan penalaran aritmatika mereka secara signifikan.

Menurut temuan uji hipotesis dan analisis data *N-Gain*, diperoleh bahwa Nilai rata-rata dan persentase kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol. Mendukung temuan penelitian tersebut, dilakukan penguatan dengan perbandingan temuan yang dilakukan oleh Nurmala et al. pada tahun 2018 menunjukkan bahwa siswa yang diajar menggunakan model pembelajaran penemuan memiliki tingkat kemampuan penalaran matematis yang lebih tinggi dibandingkan siswa yang diajar menggunakan model pembelajaran konvensional. Berdasarkan pembuktian yang telah diuraikan terlihat bahwa model pembelajaran *discovery learning* berbantuan Geogebra memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan kemampuan penalaran matematis siswa SMP Negeri 35 Medan kelas VIII.

KESIMPULAN

Menurut temuan penelitian, pembelajaran yang menggunakan model pembelajaran *discovery learning* berbantuan Geogebra lebih baik daripada pembelajaran yang tidak menggunakan model ini. Perbedaan hasil *posttest* antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol setelah perlakuan membuktikan hal ini. hipotesis alternatif (H_a) diterima karena hasil uji hipotesis juga menunjukkan perbedaan yang substansial dari nilai rata-rata kedua kelas, dimana nilai probabilitas (Sig.) adalah $0{,}000 \leq 0{,}05$.

Diperoleh juga bahwa pendekatan pembelajaran *discovery learning* dengan bantuan Geogebra dapat membantu siswa meningkatkan dalam hal bernalar matematis. Hal ini terlihat jelas dari interpretasi hasil *N-Gain*, yang juga menunjukkan bahwa kelompok eksperimen memperoleh 72% pada kategori cukup efektif dan kelompok kontrol memperoleh 54% pada kategori kurang efektif. Sehingga dapat disimpulkan bahwasannya terdapat pengaruh signifikan model pembelajaran *discovery learning* berbantuan Geogebra terhadap kemampuan penalaran matematis siswa kelas VIII SMPN 35 Medan.

DAFTAR PUSTAKA

Azizah, R. F., Sunardi, & Kurniati, D. (2017). Penalaran Matematis dalam menyelesaikan PISA pada Siswa Usia 15 tahun di SM Negeri 1 Jember. *Kadikma*, *8*(1), 102.

Hadi, S., & Novaliyosi. (2019). Timss Indonesia (Trends In International Mathematics And Science Study). *Prosiding Seminar Nasional & Call For Papers*, *8*(1), 562–569. https://doi.org/10.36989/didaktik.v8i1.302

Halim, F., & Rustiyanti, D. (2018). Peningkatan Kemampuan Penalaran Siswa Melalui Pembelajaran Discovery Learning Pada Materi Limas. *GAUSS: Jurnal Pendidikan Matematika*, *01*(02), 118–127.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Nurmala, R., Samparadja, H., & Salam, M. (2018). Pengaruh Model Discovery Learning Terhadap Kemampuan Penalaran Matematis Siswa Kelas Vii Smp Negeri 3 Kendari. *Jurnal Penelitian Pendidikan Matematika*, *6*(1), 141–154.

Romadhina, D., Junaedi, I., & Masrukan. (2019). Kemampuan Penalaran Matematis Peserta Didik Kelas VIII SMP 5 Semarang. *Seminar Nasional Pascasarjana UNNES*, 547–551.

Rukminingsih, Adnan, G., & Latief, M. A. (2020). Metode Penelitian Pendidikan. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pemodelan Waktu Keberangkatan Bus pada Angkutan antar Kota antar Provinsi Jalur Semarang- Surabaya Menggunakan Aljabar Max-Plus

Ahmad Muzammil[1*], Ahmad Zaenal Arifin[2]
[1,2]*Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas PGRI Ronggolawe, Indonesia*
**Coresponding Author: muzammil.kragan@gmail.com*

Abstrak, jalur Pantura Semarang-Surabaya menghubungkan dua kota besar di Jawa. Penjadwalan keberangkatan bus yang efektif dan mudah diakses sangatlah penting. Dengan menggunakan metode Aljabar Max-Plus, informasi penjadwalan bus dapat dimodelkan untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai waktu keberangkatan dan kedatangan bus di setiap terminal. Data untuk penelitian ini diambil dengan menggunakan metode observasi lapangan. Hal yang diamati adalah lamanya waktu tempuh bus di sepanjang rute. Titik tunggu penumpang terdapat di terminal dan beberapa titik yang dilalui bus. Pengumpulan data jarak dan waktu tempuh dibantu dengan menggunakan alat bantu GPS berupa Google Maps. Jumlah variabel sebanyak 18 variabel dan jumlah kendaraan maksimum pada setiap rute diasumsikan sebanyak 1 kendaraan pada semua rute, maka $n18$ dan $M1$. Sehingga matriks A adalah 18 x 18. Dengan bantuan aplikasi Scilab diperoleh nilai $\lambda = 84{,}5$. Aljabar max-plus dapat diaplikasikan dan disusun untuk menghasilkan bentuk model $x(k+1)A\otimes x(k)$. Dari model yang diperoleh dan menggunakan bantuan aplikasi Scilab 5.5.2, diperoleh nilai eigen sebagai periode keberangkatan bus setiap 84,5 menit atau 1 jam 24 menit 30 detik. Sedangkan vektor eigen digunakan sebagai waktu keberangkatan.
Kata kunci: jalur pantura; waktu keberangkatan; nilai eigen; vektor eigen

Abstract, *the Pantura Semarang-Surabaya route connects two major cities in Java. Effective and easily accessible bus departure scheduling is very important. By using the Max-Plus Algebra method, bus scheduling information can be modeled to provide a clear picture of the departure and arrival times of buses at each terminal. The data for this study were taken using the field observation method. The thing observed was the length of time the bus traveled along the route. Passenger waiting points are located at the terminal and several points passed by the bus. Data collection on distance and travel time was assisted using a GPS tool in the form of Google Maps. The number of variables is 18 variables and the maximum number of vehicles on each route is assumed to be 1 vehicle on all routes, then $n18$ and $M1$. So that the matrix A is 18 x 18. With the help of the Scilab application, the value of $\lambda = 84.5$ was obtained. Max-plus algebra can be applied and arranged to produce a model form $x(k+1)A\otimes x(k)$. From the model obtained and using the help of the Scilab 5.5.2 application, the eigenvalue is obtained as the bus departure period is every 84.5 minutes or 1 hour 24 minutes 30 seconds. While the eigenvector is used as the departure time.*
Keywords*: Pantura route; departure time; eigenvalue; eigenvector*

Citation : Muzammil, A., & Arifin, A. Z. (2024). Pemodelan Waktu Keberangkatan Bus pada Angkutan antar Kota antar Provinsi Jalur Semarang- Surabaya Menggunakan Aljabar Max-Plus. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 374 – 379

PENDAHULUAN

Transportasi bus antarkota merupakan salah satu moda transportasi darat yang banyak digunakan masyarakat Indonesia (Wahab, 2019), khususnya untuk perjalanan jarak menengah seperti rute Semarang-Surabaya. Efisiensi dan ketepatan waktu dalam penjadwalan keberangkatan bus sangat penting untuk memastikan kelancaran perjalanan penumpang serta optimalisasi penggunaan armada (Sugiarto dkk, 2019). Namun, penjadwalan bus sering kali menghadapi tantangan, seperti kemacetan lalu lintas, cuaca buruk, dan fluktuasi jumlah penumpang, yang dapat menyebabkan keterlambatan dan ketidakefisienan operasional.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Jalur Semarang-Surabaya dikenal memiliki banyak pilihan perusahaan otobus (Daffa, 2023), yang menciptakan persaingan ketat dalam merebut penumpang (Kawengian dkk., 2017). Tingginya mobilitas masyarakat dan kebutuhan akan transportasi yang efisien membuat persaingan ini semakin intens. Hal ini juga menyebabkan perilaku saling mendahului di antara supir bus dari berbagai PO, yang berpotensi membahayakan keselamatan penumpang dan pengguna jalan lainnya.

Sistem penjadwalan bus konvensional sering kali tidak mampu mengakomodasi berbagai faktor yang mempengaruhi waktu perjalanan dan keberangkatan secara efektif (Cholifah & Mardiyati, 2022). Akibatnya, terjadi ketidakseimbangan dalam penggunaan armada, waktu tunggu yang lama bagi penumpang, dan potensi kerugian bagi perusahaan bus. Oleh karena itu, diperlukan metode penjadwalan yang lebih akurat dan adaptif untuk mengoptimalkan operasi bus pada rute Semarang-Surabaya.

Masalah berkaitan dengan penjadwalan dapat diselesaikan dengan memanfaatkan metode Aljabar Max-plus seperti penelitian yang dikerjakan oleh Natalia dkk., (2019) metode Aljabar Max-Plus digunakan untuk pemodelan waktu tunggu penumpang pada jalur angkutan dalam kota Palu, Pada tahun sebelumnya penelitian yang dilakukan oleh Rakhmawati dan Febriyanti, (2017) Aljabar Max-Plus digunakan untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan angkutan yang ada di pedesaan di kabupaten Jombang. , Aljabar Max-Plus juga digunakan untuk analisis jaringan jalur angkutan umum di Jombang oleh Rakhmawati & Hartiningrum, (2018).

Penelitian ini menggunakan pendekatan aljabar max-plus untuk memodelkan dan mengoptimalkan penjadwalan keberangkatan bus. Aljabar max-plus merupakan alat matematis yang efektif untuk menganalisis sistem kejadian diskrit seperti jadwal transportasi (Rudhito, 2020). Metode ini akan diaplikasikan pada data historis perjalanan bus Semarang-Surabaya, dengan mempertimbangkan berbagai variabel seperti waktu tempuh rata-rata, waktu istirahat pengemudi, dan frekuensi keberangkatan yang diinginkan. Dengan menggunakan aljabar max-plus dalam penjadwalan keberangkatan bus Semarang-Surabaya, penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi inovatif terhadap permasalahan penjadwalan transportasi umum yang kompleks dan dinamis.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini data diambil dengan metode observasi di lapangan. Hal yang diamati adalah lama waktu tempuh bus dari titik tunggu awal menuju titik tunggu tujuan, Tititk tunggu penumpang diperoleh dari titik setiap terminal dan beberapa titik yang dilewati bus selama perjalanan jalur Semarang menuju Surabaya dan dari Surabaya menuju Semarang.

Data yang telah diperoleh dari penelitian ini diolah dengan menghitung nilai eigen dan vektor eigen menggunakan metode aljabar max-plus. Penghitungan tersebut dibantu oleh software scilab. Hasil yang telah didapatkan dengan metode aljabar max-plus akan dianalisis sehingga didapatkan waktu keberangkatan yang sesuai. Langkah-langkah Analisis data penelitian ini diantaranya; (1) pendefinisian variabel tiap titik tunggu penumpang; (2) mencari model persamaan berdasarkan aturan dari aljabar Max-plus; (3) menghitung nilai eigen dan vektor eigen pada model matriks aljabar max-plus; dan (4) pemodelan waktu tunggu penumpang menggunakan Aljabar Max-Plus.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jalur Semarang-Surabaya memiliki panjang $\pm 320\ km$ menghubungkan dua provinsi dan beberapa kabupaten/kota diantaranya Semarang, Demak, Kudus, Rembang, Tuban, Lamongan, Gresik, dan Sidoarjo. Dan terdapat banyak titik tunggu yang tersebar disepanjang jalur yang dilewati bus, adapun titik tunggu yang menjadi objoek penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Jalur AKAP Surabaya-Semarang

Definisi varibel berdasarkan gambar 1 adalah; T1 = Terminal terboyo, T2 = Teminal Demak, T3 = Terminal Kudus, T4 = Terminal Pati, T5 = Terminal Rembang, T6 = Perbatasan Jateng/Jatim, T7 = Terminal Tuban, T8 = Terminal Lamongan, T9 = Terminal Bunder, dan T10 = Terminal Bungurasih Kemudian jalur yang dilalui bus ada 2 yakni dari arah Semarang menuju Surabaya dan dari arah Surabaya menuju Semarang. Rute pertama Semarang menuju Surabaya: dimulai Terminal Terboyo, Terminal Demak, Terminal Kudus, Terminal Pati, Terminal Rembang, Perbatasan Jateng/Jatim, Terminal Tuban, Terminal Lamongan, Terminal Bunder dan diakhiri Terminal Bungurasih. Sedangkan untuk rute kedua Surabaya menuju Semarang: dimulai dari Terminal Bungurasih, Terminal Bunder, Terminal Lamongan, Terminal Tuban, Perbatasan Jateng/Jatim, Terminal Rembang, Terminal Pati, Terminal Kudus, Terminal Demak dan diakhiri Terminal Terboyo. Dari gambar 1 jalur yang dilalui bus didapat variabel waktu keberangkatan disertai waktu tempu dan Berdasarkan data jalur yang dilalui Bus selanjutnya disinkronisasi, dengan aturan perjalanan yang berlaku untuk kendaraan pada fase ke-*k* maka dapat dijabarkan seperti pada tabel 2

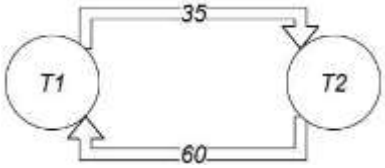
Tabel 1. Variabel waktu keberangkatan

Variabel	Terminal		Variabel waktu	Waktu Tempuh	Variabel Perjalanan
	Awal	Tujuan			
x_1	T1	T2	t_1	60	$x_1(k)$
x_2	T2	T3	t_2	39	$x_2(k)$
x_3	T3	T4	t_3	50	$x_3(k)$
x_4	T4	T5	t_4	51	$x_4(k)$
x_5	T5	T6	t_5	63	$x_5(k)$
x_6	T6	T7	t_6	57	$x_6(k)$
x_7	T7	T8	t_7	83	$x_7(k)$
x_8	T8	T9	t_8	33	$x_8(k)$
x_9	T9	T10	t_9	79	$x_9(k)$
x_{10}	T10	T9	t_{10}	56	$x_{10}(k)$
x_{11}	T9	T8	t_{11}	33	$x_{11}(k)$
x_{12}	T8	T7	t_{12}	86	$x_{12}(k)$
x_{13}	T7	T6	t_{13}	57	$x_{13}(k)$
x_{14}	T6	T5	t_{14}	63	$x_{14}(k)$
x_{15}	T5	T4	t_{15}	51	$x_{15}(k)$
x_{16}	T4	T3	t_{16}	50	$x_{16}(k)$
x_{17}	T3	T2	t_{17}	39	$x_{17}(k)$
x_{18}	T2	T1	t_{18}	35	$x_{18}(k)$

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Aturan sinkronisasi diberlakukan dengan untuk bus berada pada titik tunggu yang tersebar pada sepanjang jalur maka untuk hasil sinkronisasi diperoleh, untuk keberangkatan Bus harus menunggu pada titik tunggu terisi oleh bus lain, dengan tujuan Bus tidak menumpuk pada jalur yang sama sehingga berlaku untuk titik tunggu Terboyo harus menunggu Bus datang dari titik tunggu Demak menuju titik tunggu Terboyo, jika kondisi tersebut sudah dipenuhi maka Bus menuju titik tunggu Demak dari titik tunggu Terboyo diperbolehkan berangkat. Sedangkan untuk titik tunggu Demak menuju titik tunggu Kudus Bus pada titik tunggu Demak harus menunggu kedatangan Bus dari titik tunggu Terboyo menuju titik tunggu Demak dan juga kedatangan Bus dari titik tunggu Kudus menuju titik tunggu Demak, dan seterusnya untuk titik tunggu yang selanjutnya.

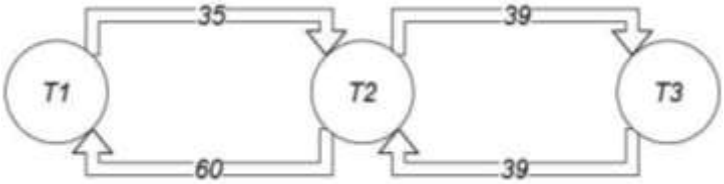
Dari pemaparan tersebut berikut pemodelan yang dapat diterapkan pada perjalanan tersebut adalah sebagai berikut (Subiono, 2013). Titik tunggu T1 menuju T2, Bus pada titik tunggu T1 dapat berangkat setelah bus dari titik tunggu T2 tiba di titik tunggu T1.



Gambar 2. Model Perjalanan Titik Tunggu T1 Menuju T2

$$x_1(k+1) = max(60 + x_{18}(k)) = (x_{18}(k) \oplus 60)$$

Kemudian titik tunggu T2 menuju T3, bus pada titik tunggu T2 dapat berangkat menuju T3 setelah bus dari titik tunggu T1 tiba pada titik tunggu T2 dan bus dari titik tunggu T3 tiba di titik tunggu T2, dan sterusnya



Gambar 3. Model Perjalanan Titik Tunggu T2 Menuju T3

$$x_2(k+1) = max(35 + x_1(k), 39 + x_{17}(k)) = (x_1(k) \otimes 35) \oplus (x_{17}(k) \otimes 39)$$

Sehingga didapatkan model

$$\begin{aligned}
x_1(k+1) &= max(60 + x_{18}(k)) = (x_{18}(k) \oplus 60)\\
x_2(k+1) &= max(35 + x_1(k), 39 + x_{17}(k)) = (x_1(k) \otimes 35) \oplus (x_{17}(k) \otimes 39)\\
x_3(k+1) &= max(39 + x_2(k), 50 + x_{16}(k)) = (x_2(k) \otimes 39) \oplus (x_{16}(k) \otimes 50)\\
x_4(k+1) &= max(50 + x_3(k), 51 + x_{15}(k)) = (x_3(k) \otimes 50) \oplus (x_{15}(k) \otimes 51)\\
x_5(k+1) &= max(51 + x_4(k), 63 + x_{14}(k)) = (x_4(k) \otimes 51) \oplus (x_{14}(k) \otimes 63)\\
x_6(k+1) &= max(63 + x_5(k), 57 + x_{13}(k)) = (x_5(k) \otimes 63) \oplus (x_{13}(k) \otimes 57)\\
x_7(k+1) &= max(57 + x_6(k), 86 + x_{12}(k)) = (x_6(k) \otimes 57) \oplus (x_{12}(k) \otimes 86)\\
x_8(k+1) &= max(83 + x_7(k), 33 + x_{11}) = (x_7(k) \otimes 83) \oplus (x_{11}(k) \otimes 33)\\
x_9(k+1) &= max(33 + x_8(k), 56 + x_{10}) = (x_8(k) \otimes 33) \oplus (x_{10}(k) \otimes 56)\\
x_{10}(k+1) &= max(79 + x_9(k)) = (x_9(k) \otimes 79)\\
x_{11}(k+1) &= max(56 + x_{10}(k), 33 + x_8(k)) = (x_{10}(k) \otimes 56) \oplus (x_8(k) \otimes 33)\\
x_{12}(k+1) &= max(33 + x_{11}(k), 83 + x_7(k)) = (x_{11}(k) \otimes 33) \oplus (x_7(k) \otimes 83)\\
x_{13}(k+1) &= max(86 + x_{12}(k)57 + x_6(k)) = (x_{12}(k) \otimes 86) \oplus (x_6(k) \otimes 57)\\
x_{14}(k+1) & \quad max(57 + x_{13}(k), 63 + x_5(k)) = (x_{13}(k) \otimes 57) \oplus (x_5(k) \otimes 63)\\
x_{15}(k+1) &= max(63 + x_{14}(k), 51 + x_4(k)) = (x_{14}(k) \otimes 63) \oplus (x_4(k) \otimes 51)\\
x_{16}(k+1) &= max(51 + x_{15}(k), 50 + x_3(k)) = (x_{15}(k) \otimes 51) \oplus (x_3(k) \otimes 50)\\
x_{17}(k+1) &= max(50 + x_{16}(k), 39 + x_2(k)) = (x_{16}(k) \otimes 50) \oplus (x_2(k) \otimes 39)\\
x_{18}(k+1) &= max(39 + x_{17}(k), 35 + x_1(k)) = (x_{17}(k) \otimes 39) \oplus (x_1(k) \otimes 35)
\end{aligned}$$

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Selanjutnya model dapat ditulis kedalam matriks dengan cara yang serupa pada matriks aljabar biasa, dimana operasi penjumlahan diganti dengan maksimum dan perkalian diganti dengan penjumlahan maka diperoleh model persamaan (1)

$$x(k+1) = A \otimes x(k) \quad (1)$$

Nilai eigen dan Vektor eigen dapat ditemukan dari suatu matriks persegi yang dikenal dengan menggunakan algoritma (Subiono, 2009) sebagai berikut; (1) mulai dari sebarang vektor awal $(0) \neq \varepsilon$;(2) iterasikan persamaan $x(k+1) = A \otimes x(k)$ sampai ada bilangan bulat $p > q \geq 0$ dan bilangan real c yang memenuhi $x(p) = c \otimes x(q)$; (3) menghitung nilai eigen $\lambda = \frac{c}{p-q}$; dan (4) menghitung vektor eigen $v = \bigoplus_{i=1}^{p-q} (\lambda^{\otimes(p-q-i)}) \otimes x(q+i-1)$. Algoritma tersebut sudah dapat diimplementasikan ke dalam Scilab dengan Max Plus Toolbox. Setelah ditransformasikan kedalam bentuk matrik dan dihitung dengan bantuan aplikasi scilab 5.5.2 didapatkan nilai eigen sebesar $\lambda = 84.5$ dengan hasil untuk vektor eigen

$$\text{vektor eigen} = \begin{bmatrix} 339.5 \\ 339.5 \\ 339.5 \\ 341.5 \\ 375 \\ 396.5 \\ 424 \\ 422.5 \\ 371 \\ 369.5 \\ 371 \\ 422.5 \\ 424 \\ 396.5 \\ 375 \\ 341.5 \\ 339.5 \\ 339.5 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya nilai eigen dan vektor eigen dapat diimplementasikan ke bentuk penjadwalan keberangkatan Bus pada setiap titik tunggu, didapatkan hasil dari penjadwalan keberangkatan Bus untuk setiap titik tunggu pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Penjadwalan Keberangkatan

Titik tunggu	***k***	***k+1***	***k+2***	***k+3***	***k+4***
x_1	00.00.00	01.24.50	02.49.00	04.13.50	05.38.00
x_2	00.00.00	01.24.50	02.49.00	04.13.50	05.38.00
x_3	00.00.00	01.24.50	02.49.00	04.13.50	05.38.00
x_4	00.02.00	01.26.50	02.51.00	04.15.50	05.40.00
x_5	00.35.50	02.00.00	03.24.50	04.49.00	06.09.50
x_6	00.57.00	02.21.50	03.46.00	05.10.50	06.35.00
x_7	01.24.50	02.49.00	04.13.50	05.38.00	07.02.50
x_8	01.23.00	02.47.50	04.12.00	05.36.50	07.01.00
x_9	00.31.50	01.56.00	03.20.50	04.45.00	06.13.50
x_{10}	00.26.00	01.50.50	03.15.00	04.13.50	06.04.00
x_{11}	00.31.50	01.56.00	03.20.50	04.45.00	06.13.50
x_{12}	01.23.00	02.47.50	04.12.00	05.36.50	07.01.00
x_{13}	01.24.50	02.49.00	04.13.50	05.38.00	07.02.50
x_{14}	00.57.00	02.21.50	03.46.00	05.10.50	06.35.00
x_{15}	00.35.50	02.00.00	03.24.50	04.49.00	06.09.50
x_{16}	00.02.00	01.26.50	02.51.00	04.15.50	05.40.00
x_{17}	00.00.00	01.24.50	02.49.00	04.13.50	05.38.00
x_{18}	00.00.00	01.24.50	02.49.00	04.13.50	05.38.00

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

KESIMPULAN

Dengan langkah-langkah analisis data yang sudah didapat, dihasilkan pemodelan keberangkatan bus Antar Kota Antar Provinsi (AKAP) jalur Semarang-Surabaya dengan metode aljabar maxplus adalah:

$$x(k+1) = A \otimes x(k)$$

Dengan menggunakan perhitungan matematis aljabar maxplus didapatkan jadwal keberangkatan bus untuk jalur AKAP Semarang-Surabaya dengan keberangkatan bus setiap 84.5 menit sekali atau 1 jam 24 menit 30 per periodik.

DAFTAR PUSTAKA

Kawengian, E., Jansen, F., & Rompis, S. Y. R. (2017). Model Pemilihan Moda Transportasi Angkutan Dalam Provinsi. *Jurnal Sipil Statik*, *5*, 133–142.

Mardiyati, S., & Cholifah, W. N. (2022). Sistem Penjadwalan Bus Di Terminal Jatijajar Depok Menggunakan Algoritma Round Robin. *Jurnal Fasilkom*, *12*(1), 48-55.

Natalia, Y., Sudarsana, I. W., Lusiyanti, dan D., & Studi Matematika Jurusan Matematika, P. (2019). Pemodelan Waktu Tunggu Penumpang Pada Jalur Angkutan Dalam Kota Palu Menggunakan Aljabar Max-Plus. In *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Terapan* (Vol. 16).

Rakhmawati, N., & Febriyanti, R. (2017). Penerapan Aljabar Max-Plus pada Permasalahan Penjadwalan Angkutan Perdesaan di Jombang. *Jurnal Matematika "MANTIK," 3*(2), 51–56. https://doi.org/10.15642/mantik.2017.3.2.51-56

Rakhmawati, N., & Hartiningrum, E. S. N. (2018). Analisis Jaringan Petri pada Jalur Angkutan Umum di Jombang Menggunakan Aljabar Max-Plus. *Jurnal Ilmiah Soulmath : Jurnal Edukasi Pendidikan Matematika*, *6*(2), 113–120. https://doi.org/10.25139/smj.v6i2.1188

Rudhito, M. A. (2020). *Aljabar max-plus dan penerapannya*. Sanata Dharma University Press.

Subiono, S. (2009). Aljabar Maxplus dan Aplikasinya : Model Sistem Antrian. *Limits: Journal of Mathematics and Its Applications*, *6*(1), 49. https://doi.org/10.12962/j1829605x.v6i1.1431

Sugiarto, I., Permana, F. J., & Prawiranegara, P. (2019). Pemodelan penjadwalan bis Damri di Bandung dengan menggunakan aljabar max-plus.

Wahab, W. (2019). Studi Analisis Pemilihan Moda Transportasi Umum Darat di Kota Padang antara Kereta Api dan Bus Damri Bandara Internasional Minangkabau. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, *6*(1), 30–37. https://doi.org/10.21063/jts.2019.v601.05

Pembangunan Python Berdasarkan Metode Runge-Kutta Order Keempat Berbasis Rataan Harmonik Untuk Menunjukan Perilaku Chaotic Sistem RöSsler

Lowis Tambunan[1]*, Yusiva SM Sidabutar[2], Juraidah Harahap[3], Yulita Molliq Rangkuti[4]
[1,2,3,4] *Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:* lowis11tambunan@gmail.com

Abstrak, artikel ini membahas pengembangan algoritma berbasis Python untuk menganalisis dinamika sistem Rossler, salah satu contoh klasik sistem dinamik chaos. Metode Runge-Kutta Orde Keempat berbasis Rataan Harmonik (RK4RH) digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial biasa (ODE) secara numerik dengan akurasi tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi perilaku chaos pada sistem Rossler dengan memvariasikan parameter a, b, dan c, serta kondisi awal dan interval waktu. Hasil simulasi menunjukkan pola chaos yang konsisten, terutama dengan parameter a=0.2, b=0.2, dan c=5.7. Visualisasi disajikan melalui grafik dua dimensi x(t), y(t), z(t), serta diagram fase tiga dimensi yang menggambarkan lintasan chaos. Implementasi dalam Python membuktikan efisiensi metode ini dalam analisis, simulasi, dan visualisasi sistem dinamik nonlinear, serta memberikan kontribusi terhadap studi sistem chaos dengan solusi yang akurat dan fleksibel.
Kata kunci: Sistem Rossler, Metode Runge-Kutta, Rataan Harmonik, Chaos, Python

Abstract, *this article explores the development of a Python-based algorithm to analyze the dynamics of the Rossler system, a classic example of chaotic dynamical systems. The Fourth-Order Runge-Kutta method with the Harmonic Mean (RK4RH) is employed to solve ordinary differential equations (ODEs) with high accuracy. The study aims to investigate chaotic behavior in the Rossler system by varying parameters a, b, c, initial conditions, and time intervals. Simulation results highlight consistent chaotic patterns, particularly for parameters a=0.2, b=0.2, and c=5.7. Visualizations include two-dimensional solution graphs of x(t), y(t), z(t) and three-dimensional phase diagrams illustrating chaotic trajectories. The implementation in Python demonstrates the method's efficiency in analyzing, simulating, and visualizing nonlinear dynamical systems, offering a robust and flexible solution for studying chaotic systems with accurate results.*
Keywords*: Rossler System, Runge-Kutta Method, Harmonic Mean, Chaos, Python*

Citation : Tambunan, L., dkk. (2024). Pembangunan Python Berdasarkan Metode Runge-Kutta Order Keempat Berbasis Rataan Harmonik Untuk Menunjukan Perilaku Chaotic Sistem Ro¨Ssler. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 380 – 388

PENDAHULUAN

Sistem Rössler adalah salah satu contoh sistem dinamik chaotik yang diperkenalkan oleh Otto Rössler pada tahun 1976 (Rössler, 1976). Sistem ini biasanya dinyatakan dalam bentuk tiga persamaan diferensial biasa (ODE) berikut. Sistem ini digunakan untuk memodelkan interaksi sosial atau jaringan neuron (Boccaletti, Bianconi, Criado, & Gade, 2014) dan dimodelkan untuk interaksi antara populasi dalam ekosistem yang menunjukkan perilaku chaotic (Jansen & van Baalen, 2006). Sistem ini dikenal karena perilaku chaotic-nya, di mana perubahan kecil pada kondisi awal dapat menyebabkan hasil yang sangat berbeda seiring waktu yang sering disebut kondisi kacau. Secara matematis, sistem Rössler dituliskan oleh tiga persamaan diferensial berikut (Rössler, 1976):

$$\frac{dx}{dt} = -(y + z), \quad (1)$$

$$\frac{dy}{dt} = x + a\,y, \quad (2)$$

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

$$\frac{dz}{dt} = b + xz - cz, \tag{3}$$

dimana x, y, dan z adalah variabel keadaan, sementara a, b, dan c adalah parameter yang dapat disesuaikan. Dengan memilih nilai tertentu untuk parameter ini, sistem dapat menunjukkan perilaku chaotik. Dalam simulasi ini, nilai $a = 0.2, b = 0.2$, dan nilai dari c menunjukan kacau atau tidak kacaunya sistem tersebut, jika $c = 2.3$ maka sistem berperilaku tidak kacau dan $c = 5.7$ nilai menyatakan sistem kacau (Goh, Noorani, & Hashim, 2009).

Sudah banyak metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan sistem R*ö*ssel adalah Metode Runge-Kutta Order keempat berbasis Rataan Harmonik (RK4RH) (Wartono, Putri, Soleh, Suryani, & Aprijon, 2019). Metode ini adalah salah satu metode eksplisit paling akurat dan banyak digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial biasa (ODE). Keuntungan metode RK4RH adalah kemampuannya untuk mencapai solusi numerik yang sangat akurat tanpa meningkatkan kompleksitas komputasi secara signifikan. RK4RH bekerja dengan menghitung empat tahapan untuk memperkirakan nilai solusi dalam langkah waktu yang diberikan.

Persamaan diferensial dapat diselesaikan dengan menggunakan teknik analisis, sehingga diperlukan perangkat lunak untuk menyelesaikan persamaan diferensial secara numerik. Ada banyak program matematika yang tersedia untuk tujuan ini seperti Matlab (Rysak & Gregorczyk, 2021), Matematica (Alomari, 2015), dan Maple (Goh et al., 2009). Selain itu, bahasa pemrograman python juga bisa menyelesaikan persamaan diferensial secara numerik (Rangkuti, Landong, & Tarigan, 2023).

Python diciptakan oleh Guido van Rossum pada akhir 1980-an, dan dirilis pertama kali pada tahun 1991. Van Rossum mengembangkan Python dengan tujuan untuk membuat bahasa pemrograman yang mudah dipelajari dan digunakan, tetapi tetap kuat dan fleksibel untuk menangani berbagai tugas. Python kini menjadi salah satu bahasa pemrograman yang paling populer, terutama di kalangan ilmuwan komputer, ilmuwan data, dan insinyur (Rangkuti, Al Idrus, & Tarigan, 2021; Romzi & Kurniawan, 2020; Syahrudin & Kurniawan, 2018).

Python digunakan untuk implementasi simulasi ini karena fleksibilitas dan kekayaannya dalam library ilmiah. NumPy digunakan untuk perhitungan numerik, dan Matplotlib digunakan untuk visualisasi hasil. Python juga sangat populer di kalangan ilmuwan data dan insinyur karena sintaksisnya yang mudah dipahami dan kemampuannya untuk menangani komputasi skala besar (Rangkuti et al., 2021). Library utama yang digunakan dalam simulasi ini meliputi: (a) NumPy: Untuk melakukan perhitungan numerik pada array multi-dimensi dan melakukan operasi dalam matematika menggunakan library NumPy. (b) Matplotlib: Untuk memvisualisasikan hasil simulasi dalam bentuk grafik 2D dan 3D, termasuk plot lintasan $x(t), y(t), z(t)$ serta diagram fase dan lintasan 3D dari ruang fase menggunakan libraby import matplotlib.pyplot as plt dan from mpl_toolkits import mplot3d, (c) pandas: untuk membuat tabel melalui dataframe menggunakan library import pandas as pd (Rangkuti et al., 2021). Banyak studi menggunakan Python untuk menyelesaikan sistem persamaan diferensial dengan berbagai metode numerik. Misalnya, Python telah digunakan untuk mengembangkan aplikasi yang memanfaatkan keunggulan bahasa pemrograman scripting dan analisis elemen hingga yang canggih (Zhu et al., 2018). Selain itu, De Palma et al. (2019) membangun program analisis modular menggunakan Python untuk menyederhanakan berbagai model dan algoritma. Terakhir, Koiter's asymptotic method telah diimplementasikan oleh Castro dan Jansen menggunakan alat kolaboratif canggih, Python (Castro & Jansen, 2020). Artikel ini membicarakan tentang pembangunan script Python menyelesaikan Sistem chaotic Rossler menggunakan metode

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Runge Kutta order keempat berdasarkan rataan harmonik serta menganalisis hasil dengan metode inputan yang dibangun.

METODE RUNGE-KUTTA ORDE KEEMPAT BERDASARKAN RATAAN HARMONIK

Metode Runge-Kutta orde keempat berdasarkan rataan harmonik (RK4RH) telah ditemukan oleh Wartono et al. (2019). Metode RK4RH adalah metode numerik yang dikembangkan dari metode RK4 untuk menyelesaikan persamaan dan sistem diferensial biasa (ODE) secara iteratif dengan pendekatan yang akurat, memanfaatkan nilai-nilai fungsi pada beberapa titik dalam satu langkah waktu untuk memperkirakan solusi di akhir langkah tersebut. Proses perhitungan dilakukan melalui empat tahapan, yang pada akhirnya memberikan solusi yang lebih akurat daripada metode Euler atau metode numerik orde yang lebih rendah. Rumus dari RK4RH diringkas sebagai berikut:

$$y_{i+1} = y_i + \frac{h}{2}\left(\frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} + 2\frac{k_2 k_3}{k_2 + k_3} + \frac{k_3 k_4}{k_3 + k_4}\right), \quad (4)$$

dengan

$k_1 = f(t_i, y_i);\ k_2 = f\left(t_i + \frac{1}{3}h, y_i + \frac{1}{3}hk_1\right);$

$k_3 = f\left(t_i + \frac{2}{3}h, y_i + \frac{h}{18}\left[\left(7 - \sqrt{265}\right)k_1 + \left(51 + \sqrt{265}\right)k_2\right]\right)$

$k_4 = f\left(t_i + h, y_i + \frac{h}{6}\left[\left(-26 + 2\sqrt{265}\right)k_1 + \left(41 - 3\sqrt{265}\right)k_2 + \left(-2 + \sqrt{265}\right)k_3\right]\right).$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Script Python sudah dibangun pada media ujicoba untuk mendapatkan Solusi sistem chaotic Rossler. Script dimulai dengan menefinisikan beberapa library pendukung sebagai berikut:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from mpl_toolkits import mplot3d
import pandas as pd
```

Library yang dipilih mendukung pengoperasian rumus matematika, pembuatan grafik baik grafik 2 dimensi maupun grafik 3 dimensi serta pembuatan tabel . Pada script python juga dibangun penginputan parameter untuk mencari parameter terbaik melihat sistem Rossler berperilaku kacau atau tidak. Script python dapat diilihat sebagai berikut:

```
# Fungsi untuk mendapatkan input nilai σ, ρ, dan β secara manual
def get_parameters():
    a = float(input("Masukkan nilai a: "))
    b = float(input("Masukkan nilai b: "))
    c = float(input("Masukkan nilai c: "))
    return a, b, c
```

Dari scrip di definisikan fungsi float untuk menginput parameter-parameter pada sistem Chaotic Rossler. Selanjutnya didefinisikan juga persamaan dalam sistem dengan python seperti script berikut:

```
# Definisikan Sistem Rossler dengan nilai a, b, dan c dari input pengguna
def rossler_x(t, x, y, z, a):
    return -1*(y + z)
def rossler_y(t, x, y, z, b):
    return x + a * y
def rossler_z(t, x, y, z, c):
    return b + x * z - c*z
```


© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pada script ini didefinisikan tiga fungsi rossler_x(t, x, y, z, a), rossler_y(t, x, y, z, a) dan rossler_z(t, x, y, z, a) dengan menampilkan tiga variabel. Selanjutnya dibangun script python untuk metode Runge-Kutta Orde 4 Rataan Harmonik seperti script berikut:

```
# Metode Runge-Kutta Orde 4 Rataan Harmonik untuk Sistem Nonlinier (contoh: Sistem Rossler)
def rk4RH_solver(a, b, c, x0, y0, z0, t0, tf, h):
    t_values = []
    x_values = []
    y_values = []
    z_values = []
    t = t0
    x = x0
    y = y0
    z = z0
    while t <= tf:
        t_values.append(t)
        x_values.append(x)
        y_values.append(y)
        z_values.append(z)
        # Metode Runge-Kutta Orde 4
        k1 = h * lorenz_x(t, x, y, z, a)
        l1 = h * lorenz_y(t, x, y, z, b)
        m1 = h * lorenz_z(t, x, y, z, c)
        k2 = h * lorenz_x(t + h/3, x + k1/3, y + k1/3, z + k1/3, a)
     x   l2 = h * lorenz_y(t + h/3, x + l1/3, y + l1/3, z + l1/3, b)
        m2 = h * lorenz_z(t + h/3, x + m1/3, y + m1/3, z + m1/3, c)
        k3 = h * lorenz_x(t + 2*h/3, x + ((7 - np.sqrt(265))*k1 + (51 +
np.sqrt(265))*k2)/18, y + ((7 - np.sqrt(265))*k1 + (51 + np.sqrt(265))*k2)/18, z + ((7 -
np.sqrt(265))*k1 + (51 + np.sqrt(265))*k2)/18, a)
        l3 = h * lorenz_y(t + 2*h/3, x + ((7 - np.sqrt(265))*l1 + (51 +
np.sqrt(265))*l2)/18, y + ((7 - np.sqrt(265))*l1 + (51 + np.sqrt(265))*l2)/18, z + ((7 -
np.sqrt(265))*l1 + (51 + np.sqrt(265))*l2)/18, b)
        m3 = h * lorenz_z(t + 2*h/3, x + ((7 - np.sqrt(265))*m1 + (51 +
np.sqrt(265))*m2)/18, y + ((7 - np.sqrt(265))*m1 + (51 + np.sqrt(265))*m2)/18, z + ((7 -
np.sqrt(265))*m1 + (51 + np.sqrt(265))*m2)/18, c)
        k4 = h * lorenz_x(t + h, x + ((-26 - 2*np.sqrt(265))*k1 + (41 - np.sqrt(265))*k2 +
(-2 + np.sqrt(265))*k3)/6, y + ((-26 - 2*np.sqrt(265))*k1 + (41 - np.sqrt(265))*k2 + (-2 +
np.sqrt(265))*k3)/6, z + ((-26 - 2*np.sqrt(265))*k1 + (41 - np.sqrt(265))*k2 + (-2 +
np.sqrt(265))*k3)/6, a)
        l4 = h * lorenz_y(t + h, x + ((-26 - 2*np.sqrt(265))*l1 + (41 - np.sqrt(265))*l2 +
(-2 + np.sqrt(265))*l3)/6, y + ((-26 - 2*np.sqrt(265))*l1 + (41 - np.sqrt(265))*l2 + (-2 +
np.sqrt(265))*l3)/6, z + ((-26 - 2*np.sqrt(265))*l1 + (41 - np.sqrt(265))*l2 + (-2 +
np.sqrt(265))*l3)/6, b)
        m4 = h * lorenz_z(t + h, x + ((-26 - 2*np.sqrt(265))*m1 + (41 - np.sqrt(265))*m2 +
(-2 + np.sqrt(265))*m3)/6, y + ((-26 - 2*np.sqrt(265))*m1 + (41 - np.sqrt(265))*m2 + (-2 +
np.sqrt(265))*m3)/6, z + ((-26 - 2*np.sqrt(265))*m1 + (41 - np.sqrt(265))*m2 + (-2 +
np.sqrt(265))*m3)/6, c)
        x = x + (k1*k2/(k1 + k2) + 2*k2*k3/(k2 + k3) + k3*k4/(k3 + k4))/2
        y = y + (l1*l2/(l1 + l2) + 2*l2*l3/(l2 + l3) + l3*l4/(l3 + l4))/2
        z = z + (m1*m2/(m1 + m2) + 2*m2*m3/(m2 + m3) + m3*m4/(m3 + m4))/2
        t = t + h
    return t_values, x_values, y_values, z_values
```

Pada script metode RK4RH dengan menggunakan library numpy dikarenakan ada bentuk akar pada rumus RK4RH tersebut. Selajutnya untuk menunjukkan fleksibilitas script python nilai awal, interval waktu dan ukuran langkah di masukkan dengan koding inputan seperti script berikut.

```
# Mendapatkan input parameter a, b, dan c dari pengguna
a, b, c = get_parameters()
# Input manual atau nilai default untuk kondisi awal x0, y0, z0
```


© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

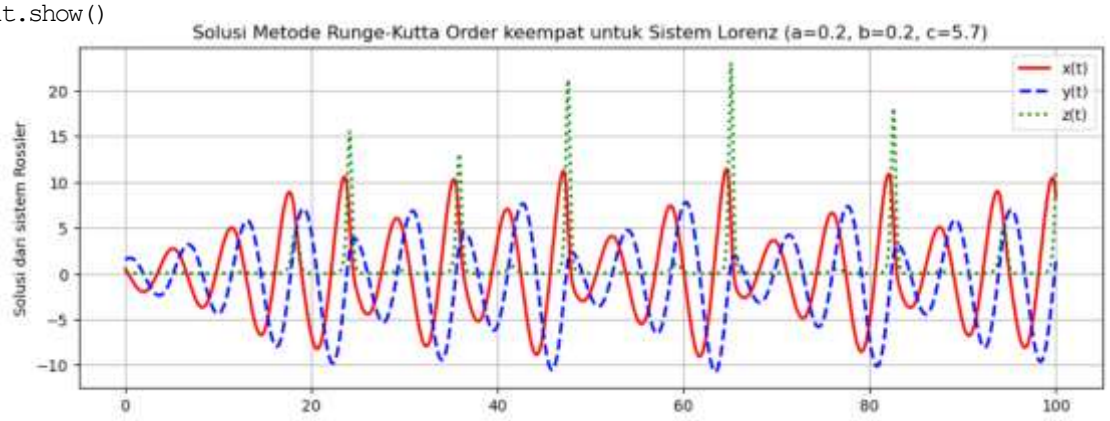
```
x0_input = input("Masukkan nilai x0 (kondisi awal, tekan Enter untuk nilai default 1): ")
y0_input = input("Masukkan nilai y0 (kondisi awal, tekan Enter untuk nilai default 1): ")
z0_input = input("Masukkan nilai z0 (kondisi awal, tekan Enter untuk nilai default 1): ")
x0 = float(x0_input) if x0_input else 1.0
y0 = float(y0_input) if y0_input else 1.0
z0 = float(z0_input) if z0_input else 1.0
# Input waktu awal, waktu akhir, dan ukuran langkah h
t0 = float(input("Masukkan nilai t0 (waktu awal): "))
tf = float(input("Masukkan nilai tf (waktu akhir): "))
h = float(input("Masukkan nilai h (step size): "))
```

Kemudian nntuk menampilkan tabel setelah penginputan data dan perhitungan menggunakan RK4RH dituliskan sebagai berikut,

```
# Panggil solver RK4RH untuk menyelesaikan Sistem Rossler
t_values, x_values, y_values, z_values = rk4RH_solver(a, b, c, x0, y0, z0, t0, tf, h)
# Buat DataFrame untuk menyimpan hasil
data = {
    "t": t_values,
    "x": x_values,
    "y": y_values,
    "z": z_values
}
df = pd.DataFrame(data)
print(df)
```

Untuk memvisualisasikan hasil simulasi melalui script di atas maka visualisasi 2 dimensi ditampilkan melalui script berikut

```
# Plot hasilnya
plt.figure(figsize=(12, 4))
plt.plot(t_values, x_values, 'r-', linewidth=2, label='x(t)')
plt.plot(t_values, y_values, 'b--', linewidth=2, label='y(t)')
plt.plot(t_values, z_values, 'g:', linewidth=2, label='z(t)')
plt.xlabel('t')
plt.ylabel('Solusi dari sistem Rossler')
print(f"Nilai input:")
print(f"  a = {a}")
print(f"  b = {b}")
print(f"  c = {c}")
print(f"  Kondisi awal: x0 = {x0}, y0 = {y0}, z0 = {z0}")
print(f"  Waktu simulasi: t = {t0} sampai t = {tf} dengan langkah waktu dt = {h}")
plt.title(f'Solusi Metode Runge-Kutta Order keempat untuk Sistem Lorenz (a={a}, b={b},
c={c})')
plt.grid(True)
plt.legend()
plt.show()
```



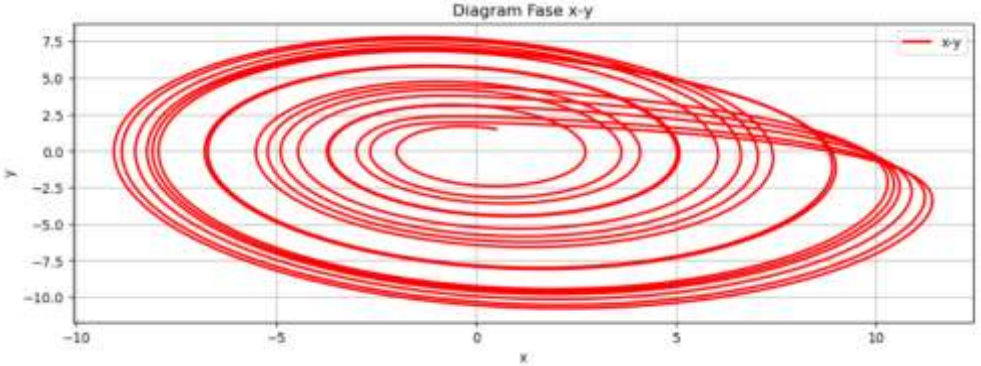
Gambar 1. Grafik Solusi terhadap Waktu

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Visualisasi melalui koding python di atas, solusi untuk $x(t), y(t)$ dan $z(t)$ masing-masing berwarna merah, bitu dan hitam. Sedangkan tampuilan dari $x(t)$ adalah garis, $y(t)$ dalah garis strip dan $z(t)$ garis titik-titik seperti gambar 1. Gambar 1 menunjukkan solusi sistem Rossler dalam domain waktu untuk variabel x(t), y(t), dan z(t) dengan parameter a=0.2, b=0.2, c=5.7. Pola osilasi yang teramati menampilkan sifat chaos dengan amplitudo yang tidak stabil dan periode yang tidak berulang. Grafik ini konsisten dengan teori sistem chaos, di mana solusi tidak periodik mencerminkan sensitivitas terhadap kondisi awal. Bandingkan dengan penelitian Rossler (1976), hasil ini menunjukkan kecocokan dalam menggambarkan perilaku nonlinier sistem dinamis. Selanjutnya, Visualisasi lainnya antar variabel dapat dituliskan seperti koding berikut.

```
# Plot diagram fase x-y, x-z, dan y-z
plt.figure(figsize=(12, 4))
plt.plot(x_values, y_values, 'r-', linewidth=2, label='x-y')
plt.xlabel('x')
plt.ylabel('y')
plt.title('Diagram Fase x-y')
plt.grid(True)
plt.legend()
plt.show()
plt.figure(figsize=(12, 4))
plt.plot(x_values, z_values, 'b-', linewidth=2, label='x-z')
plt.xlabel('x')
plt.ylabel('z')
plt.title('Diagram Fase x-z')
plt.grid(True)
plt.legend()
plt.show()
plt.figure(figsize=(12, 4))
plt.plot(y_values, z_values, 'g-', linewidth=2, label='y-z')
plt.xlabel('y')
plt.ylabel('z')
plt.title('Diagram Fase y-z')
plt.grid(True)
plt.legend()
plt.show()
```

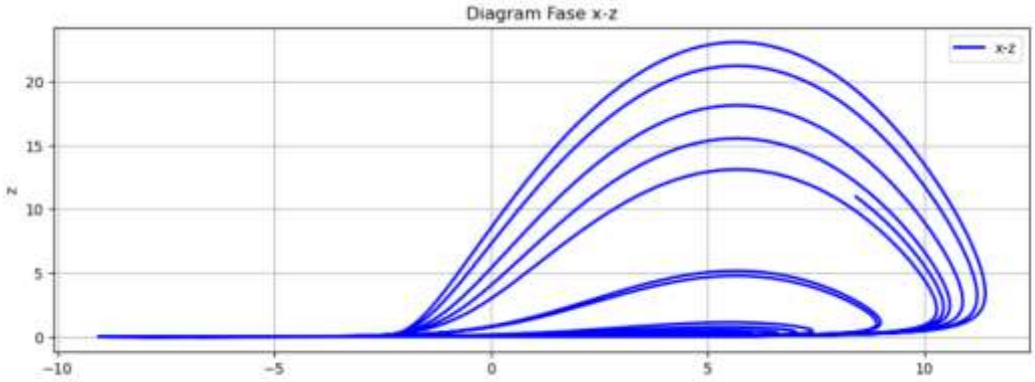
Dari koding python hasil dari solusi sistem chaotik Rossler antara variabel ditunjukkan deiagram fase; x-y (merah), x-z (biru) dan y-z (hijau seperti berikut



Gambar 2. Diagram Fase x-y

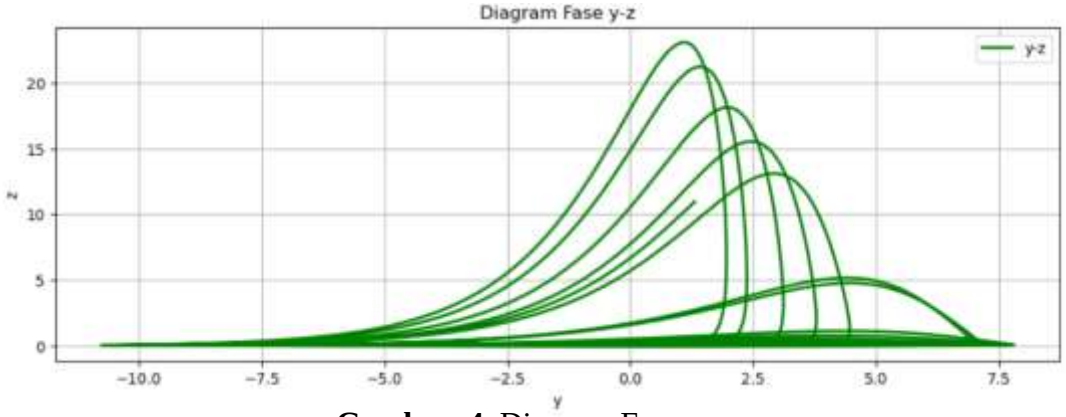
Gambar 2 mengilustrasikan lintasan fase antara variabel x dan y. Lintasan berbentuk spiral menggambarkan atraktor chaos, yang menunjukkan hubungan dinamis antara dua variabel tersebut. Hal ini konsisten dengan studi oleh Jansen et al. (2006) mengenai sifat atraktor pada sistem nonlinear.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan



Gambar 3. Diagram Fase x-z

Diagram 3 memperlihatkan hubungan antara variabel x dan z, yang menunjukkan pola unik dalam ruang fase. Pola ini memperkuat analisis bahwa sistem Rossler memiliki sifat chaos, sesuai dengan penelitian Goh et al. (2009) yang mendemonstrasikan struktur fase yang kompleks dalam sistem nonlinear.



Gambar 4. Diagram Fase y-z

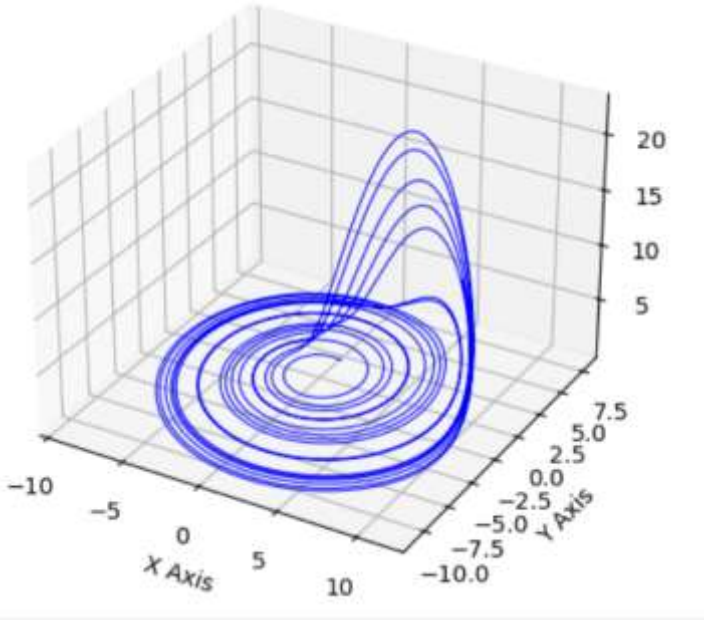
Lintasan fase antara y dan z menunjukkan hubungan yang lebih terfokus dibandingkan pasangan variabel lain. Pola ini memberikan wawasan lebih dalam terhadap dinamika sistem dan mencerminkan atraktor chaos, sebagaimana dibahas dalam teori dasar chaos. Akhirnya, visualisasi dari perilaku chaotic (kacau) dari sistem dapat lebih jelas gambarkan dengan koding python 3d berikut:

```
# Plot lintasan 3D untuk x-y-z
from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
fig = plt.figure(figsize=(12, 5))
ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')
ax.plot(x_values, y_values, z_values, color='b', lw=0.75)
ax.set_xlabel('X Axis')
ax.set_ylabel('Y Axis')
ax.set_zlabel('Z Axis')
ax.set_title('Lintasan 3D dari Sistem Rossler')
# Menambahkan grid dan menampilkan plot
ax.grid(True)
plt.show()
```

Hasil visualisasi 3 dimensi yang telah dibangun seperti gambar 5, Gambar 5 menampilkan lintasan fase tiga dimensi, yang memberikan representasi komprehensif dari perilaku chaos sistem Rossler. Struktur yang kompleks dan berlapis mencerminkan sifat nonlinier dan sensitivitas tinggi terhadap kondisi awal. Temuan ini selaras dengan penelitian sebelumnya, seperti yang dijelaskan oleh Boccaletti et al. (2014). Analisis di atas menunjukkan bahwa metode RK4RH yang digunakan dalam

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

penelitian ini efektif dalam menggambarkan perilaku chaos pada sistem Rossler, dengan hasil visualisasi yang mendukung teori sistem dinamis dan chaos.



Gambar 5. Lintasan 3D dari Sistem Rossler

KESIMPULAN

Artikel ini menyajikan penggunaan Python untuk mensimulasikan perilaku chaos pada sistem Rossler menggunakan metode Runge-Kutta Orde Keempat berbasis Rataan Harmonik (RK4RH). Penelitian ini menggunakan nilai awal x(0)=0.5, y(0)=1.5, dan z(0)=0.2 (Watono et al., 2019), serta parameter a=0.2, b=0.2, dan c=5.7, yang menunjukkan perilaku chaos (Goh et al., 2009). Interval waktu yang digunakan adalah $0 \leq t \leq 100$ dengan ukuran langkah h=0.001. Python berperan penting dalam simulasi ini melalui penggunaan library *NumPy* untuk perhitungan numerik dan *Matplotlib* untuk visualisasi grafik. Hasil simulasi menunjukkan dengan jelas perilaku chaos, sebagaimana divisualisasikan dalam grafik solusi terhadap waktu, diagram fase x−y, x−z, y−z, dan lintasan tiga dimensi. Pola grafik dan lintasan ini mencerminkan kompleksitas interaksi variabel-variabel sistem Rossler (x(t), y(t), z(t)) yang sejalan dengan teori chaos dan hasil penelitian sebelumnya (Jansen et al., 2006). Visualisasi lintasan 3D yang dihasilkan konsisten dengan hasil yang dilaporkan oleh Goh et al. (2009), memperkuat validitas pendekatan yang digunakan. Dengan implementasi ini, script Python berbasis RK4RH membuktikan kemampuannya untuk menganalisis tidak hanya sistem Rossler tetapi juga sistem chaotic, hyperchaotic, dan bentuk sistem dinamis lainnya yang lebih kompleks. Script ini memberikan solusi yang akurat dan efisien untuk studi sistem nonlinear.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian artikel ini. Terutama kepada pihak-pihak yang memberikan dukungan dan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penelitian ini. Kontribusi yang diberikan sangat berarti dan tidak ternilai harganya. Semua dukungan yang diterima sangat dihargai dan akan selalu dikenang.

DAFTAR PUSTAKA

Rössler, O. E. (1976). An equation for continuous chaos. *Physics Letters A, 57*(5), 397-398.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Boccaletti, S., Bianconi, G., Criado, R., & Gade, P. (2014). The structure and dynamics of multilayer networks. *Physics Reports, 544*(1), 1-122.

Jansen, V. A. A., & van Baalen, M. (2006). Allee effects and chaotic dynamics in a metapopulation. *Ecology Letters, 9*(6), 613-620.

Goh, S. M., Noorani, M. S. M., & Hashim, I. (2009). A new application of variational iteration method for the chaotic Rössler system. *Chaos, Solitons & Fractals, 42*(3), 1604-1610.

Wartono, P., Putri, S., Soleh, M., Suryani, I., & Aprijon, (2019). Modifikasi metode Runge-Kutta orde empat bentuk Kutta menggunakan rataan harmonik. *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI)*, Pekanbaru, 12 November 2019.

Rysak, A., & Gregorczyk, M. (2021). Differential transform method as an effective tool for investigating fractional dynamical systems. *Applied Science, 11*(695), 1-10.

Alomari, A. K. (2015). On accuracy of numerical-analytical solution expression for hyperchaotic Rossler system. *J. Adv. Math. Stud, 8*, 185-196.

Rangkuti, Y. M., Landong, A., & Tarigan, D. D. (2023). Implementation of the Reyleigh-Ritz method in exploring mode shape frequency of free vibration on fixed free beam using Python programming. *Journal of Mathematics, Computations, and Statistics, 6*(2), 188-196.

Rangkuti, Y. M., Al Idrus, S. S., & Tarigan, D. D. (2021). *Pengantar Pemrograman Python*. Media Sains Indonesia, Bandung.

Romzi, K., & Kurniawan, B. (2020). Pembelajaran pemrograman Python dengan pendekatan logika algoritma. *JTIM: Jurnal Teknik Informatika Mahakarya*, 37-44.

Syahrudin, A. N., & Kurniawan, T. (2018). Input dan output pada bahasa pemrograman Python. *Jurnal Dasar Pemrograman Python STMIK*, 1-7.

Zhu, M., McKenna, F., & Scott, M. H. (2018). OpenSeesPy: Python library for the OpenSees finite element framework. *SoftwareX, 7*, 6-11.

De Palma, B., Erba, M., Mantovani, L., & Mosco, N. (2019). A Python program for the implementation of the-method for Monte Carlo simulations. *Computer Physics Communications, 234*, 294-301.

Castro, S. G. P., & Jansen, E. L. (2020). Displacement-based formulation of Koiter's method: Application to multi-modal post-buckling finite element analysis of plates. *Thin-Walled Structures, 159*, 107217, 1-25.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Implementasi Graf Dan Metode Webster Dalam Optimasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas (Studi Kasus: Simpang Pemda Flamboyan Raya)

Yandre Try Fena Manurung[1*], Hanna Dewi Marina Hutabarat[2]
[1,2] *Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author: manurungyandre@gmail.com*

Abstrak, kemacetan menjadi kendala yang sering terjadi dalam berlalu lintas. Kemacetan sering dijumpai di persimpangan jalan. Penyebab kemacetan karena volume kendaraan yang padat. Persimpangan Flamboyan Raya menjadi salah satu lokasi yang sering mengalami macet di Kota Medan. Kemacetan yang ditimbulkan karena durasi lampu lalu lintas yang kurang optimal. Perlu pengoptimalan durasi lampu lalu lintas untuk mengurangi kemacetan. Teori graf dan metode Webster dapat digunakan untuk pengoptimalan durasi lampu lalu lintas. Pada simpang Flamboyan Raya menggunakan empat fase dengan waktu siklus optimum 120 detik. Pagi hari durasi lampu hijau yaitu Jalan Flamboyan Raya 31 detik, Jalan Melati Raya 17 detik, Jalan Setia Budi (Utara) 34 detik dan Jalan Setia Budi (Selatan) 34 detik. Siang hari durasi lampu hijau yaitu Jalan Flamboyan Raya 29 detik, Jalan Melati Raya 20 detik, Jalan Setia Budi (Utara) 32 detik dan jalan Setia Budi (Selatan) 34 detik. Sore hari durasi lampu hijau yaitu Jalan Flamboyan Raya 23 detik, Jalan Melati Raya 28 detik, Jalan Setia Budi (Utara) 36 detik dan jalan Setia Budi (Selatan) 30 detik.
Kata kunci: Metode Webster; Siklus Optimum; Graf

Abstract, *congestion is a common obstacle in traffic. Congestion is often found at intersections. The cause of congestion is due to the dense volume of vehicles. The Flamboyan Raya intersection is one of the locations that often experiences congestion in Medan City. Congestion is caused by the less than optimal duration of traffic lights. Traffic light duration optimization is needed to reduce congestion. Graph theory and Webster's method can be used to optimize traffic light duration. The Flamboyan Raya intersection uses four phases with an optimum cycle time of 120 seconds. In the morning, the duration of the green light is Jalan Flamboyan Raya 31 seconds, Jalan Melati Raya 17 seconds, Jalan Setia Budi (North) 34 seconds and Jalan Setia Budi (South) 34 seconds. During the day, the duration of the green light is Jalan Flamboyan Raya 29 seconds, Jalan Melati Raya 20 seconds, Jalan Setia Budi (North) 32 seconds and Jalan Setia Budi (South) 34 seconds. In the afternoon, the duration of the green light is Jalan Flamboyan Raya 23 seconds, Jalan Melati Raya 28 seconds, Jalan Setia Budi (North) 36 seconds and Jalan Setia Budi (South) 30 second*
Keywords*: Graph, Optimum Cycle, Webster Method*

Citation: Manurung, Y. T. F., & Hutabarat, H. D. M. (2024). Implementasi Graf Dan Metode Webster Dalam Optimasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas (Studi Kasus: Simpang Pemda Flamboyan Raya). *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 389 – 495

PENDAHULUAN

Kota Medan adalah ibu kota dari provinsi Sumatera Utara. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik, pada tahun 2023 jumlah kendaraan bermotor mencapai 7.798.125 dengan rincian jumlah mobil penumpang 813.329, jumlah bus 9.191, jumlah truk 316.652 dan jumlah sepeda motor 6.658.953 dengan keterangan data tersebut merupakan data sementara. Kota Medan menjadi penyumbang terbanyak penggunaan kendaraan bermotor di Provinsi Sumatera Utara. Lampu lalu lintas menjadi sinyal bagi pengendara untuk berhenti atau berjalan secara bergantian. Penggunaan lampu lalu lintas akan mencegah kemacetan atau keadaan yang lebih buruk seperti kecelakaan baik antar pengendara atau pun pengendara dengan pejalan kaki. Lampu lalu lintas pada persimpangan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

jalan menjadi penentu kapasitas dan waktu perjalanan (Syechah *et al.*, 2023). Persimpangan merupakan tempat pertemuan dua atau lebih ruas jalan dalam jaringan transportasi dimana menjadi tempat terjadinya konflik arus lalu lintas sehingga dapat dikatakan jika persimpangan menjadi titik konflik dimana pada titik ini terjadi penghambatan gerakan (Ulfah & Oka, 2019). Pengaturan pergerakan kendaraan pada persimpangan menjadi faktor penting karena menjadi penentu lancar atau tidaknya pergerakan kendaraan di suatu jaringan jalan (Prasetyanto, 2019). Pada saat ini masalah lalu lintas merupakan fenomena yang sering terjadi dalam kehidupan sehari-hari berupa kemacetan. Kemacetan mengganggu kenyamanan pengguna transportasi. Bagi pengendara yang terjebak kemacetan biasanya merasakan kelelahan, kesal, stress dan merasa tidak nyaman (Syafey & Lambang, 2022). Penyebab dari kemacetan karena tingginya volume kendaraan tidak diimbangi dengan luas jalan yang memadai sehingga ruas jalan kurang mampu menampung tingginya jumlah kendaraan yang melintas. (Farida,2020).

Masalah lampu lalu lintas dapat diselesaikan dengan graf kompatibel dan metode Webster. Kompatibel dapat diartikan mampu bergerak dan bekerja dengan serasi atau bersesuian Graf kompatibel merupakan dua himpunan berupa titik-titik dan sisi dimana himpunan titik menyatakan objek-objek yang akan diselesaikan sedangkan himpunan sisi menyatakan pasangan objek yang bersesuaian (Latuconsina et al., 2022). Kompabilitas dapat dikatakan sebagai kesesuaian suatu hal atau kinerja yang memiliki suatu nilai tanpa mengubah apapun pada sistem sebelumnya (Poernamasari *at el.*, 2019).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlokasi di Simpang Pemda Flamboyan Raya, Kecamatan Medan Selayang, Kota Medan, Sumatera Utara. Waktu penelitian dilakukan selama tiga bulan dari 12 Desember sampai dengan 12 Februari 2024 pada hari Senin dan Minggu. Data yang diperoleh bersumber dari hasil observasi dan Dinas Perhubungan Kota Medan. Langkah-langkah penelitian sebagai berikut. Pengumpulan data, menggambarkan bentuk dan fase pada persimpangan, menghitung siklus optimal, menghitung waktu hijau setiap fase, menghitung waktu merah setiap fase dan menarik kesimpulan. Metode Webster adalah konsep yang digunakan dalam penentuan siklus waktu optimal dan durasi waktu nyala lampu lalu lintas yang didasarkan pada lebar jalan dan volume kendaraan yang melintas pada jalan tersebut (Rathomi *et al*., 2022). Volume kendaraan yang melintas serta lebar jalan akan menjadi faktor yang menentukan durasi dari waktu tunggu dan waktu jalan pada ruas jalan (Nisa & Lilik, 2021).

Langkah-langkah penentuan durasi lampu lalu lintas berdasarkan metode Webster, pertama menentukan arus jenuh, untuk jalan dengan lebar lebih dari 5,5 meter dapat dihitung dengan persamaan *Arus jenuh (s) = Lebar jalan* $\times 525$ *(smp/j)*. Smp atau satuan mobil penumpang dapat diartikan sebagai satuan kendaraan dengan kendaraan lain yang memiliki bobot kurang atau lebih dari mobil penumpang akan disetarakan dengan mobil penumpang itu sendiri

Tabel 1. Ekuivalensi Mobil Penumpang

Jenis Kendaraan	EMP tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Berat (HV)	1,30	1,30
Kendaraan Ringan (LV)	1,00	1,00
Sepeda Motor (MC)	0,15	0,40

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Langkah selanjutny untuk ratio arus normal terhadap arus jenuh (y) memiliki persamaan $y = \frac{Q}{S}$, dimana, Q = arus nyata dan S = arus jenuh. Menghitung waktu hilang (L), waktu hilang merupakan lama waktu dalam satu siklus penuh pada keadaan tidak adanya kendaraan. Perhitungan waktu yang hilang adalah dengan persamaan $L = 2n + R$, dimana n = banyak fase dan R = Waktu hilang karena antrian. Langkah selanjutnya adalah menghitung siklus waktu maksimum *(the optimum cycletime setting/C_0).* Rumus menghitung siklus waktu maksimum menggunakan persamaan (1), dimana $C_0 =$ waktu siklus optimum, Y = jumlah y maksimum untuk seluruh fase, dan L = waktu hilang. Tahapan selanjutnya adalah menghitung nyala lampu hijau efektif pada persimpangan dengan persamaan (2) dimana g = waktu hijau efektif dan y = tingkat arus lalu lintas tiap persimpangan

$$C_0 = \frac{1{,}5 \times L + 5}{1 - Y} \quad (1)$$

$$g = \frac{y(C_0 - L)}{Y} \quad (2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Geometri dengan lebar masing-masing jalur jalan adalah sebagai berikutl; (1) jalan Flamboyan Raya memiliki 2 jalur jalan dengan masing-masing lebar jalur yaitu 6,5 meter; (2) jalan Melati Raya memiliki 2 jalur jalan dengan masing-masing lebar jalur yaitu 6,5 meter; (3) jalan Setia Budi (Utara) memiliki 2 jalur jalan dengan masing-masing lebar jalur yaitu 6 meter; dan (4) jalan Setia Budi (Selatan) memiliki 2 jalur jalan dengan masing-masing lebar jalur yaitu 5 meter. Kemudian untuk data durasi lampu lalu lintas dapat dilihat pada tabel 2. Sedangkan untuk volumen kendaraan setiap jalan yang diobservasi dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4.

Tabel 2. Durasi lampu lalu lintas

Nama Jalan	Waktu Lampu Merah	Waktu Lampu Kuning	Waktu Lampu Hijau
Jalan Flamboyan Raya	126 detik	3 detik	26 detik
Jalan Melati Raya	127 detik	3 detik	25 detik
Jalan Setia Budi (utara)	110 detik	3 detik	42 detik
Jalan Setia Budi (Selatan)	110 detik	3 detik	42 detik

Tabel 3. Volume kendaraan Jalan Flamboyan Raya dan Jalan Melati Raya

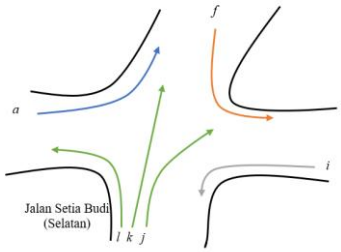
Jalan	Waktu	Kendaraan				Smp			
		MC	LV	HV	Jumlah	MC	LV	HV	Jumlah
Flamboyan Raya	07.00-08.00	1061	529	637	2.227	159,15	529	828,1	1.516,25
	12.00-13.00	500	440	734	1.674	75	440	954,2	1.469,2
	17.00-18.00	789	515	529	1.833	118,35	515	687,7	1.321,05
Jalan Melati Raya	07.00-08.00	535	532	169	1.236	80,25	532	219,7	831,95
	12.00-13.00	591	550	263	1.404	88,65	550	341,9	980,55
	17.00-18.00	766	884	453	2.103	114,9	884	588,9	1.587,8

Tabel 4. Volume kendaraan Jalan Setia Budi Utara dan Selatan

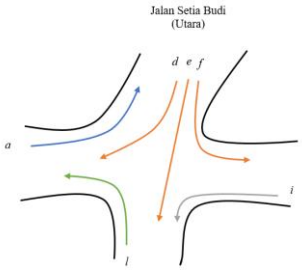
Jalan	Waktu	Kendaraan				Smp			
		MC	LV	HV	Jumlah	MC	LV	HV	Jumlah
Setia Budi (Utara)	07.00-08.00	1.327	757	244	2.328	199,05	757	317,2	1.273,2
	12.00-13.00	1.323	735	374	2.432	198,45	735	486,2	1.419,6
	17.00-18.00	2.198	717	403	3.318	329,7	717	523,9	1.570,6
Setia Budi (Selatan)	07.00-08.00	1.152	614	246	2.012	172,8	614	319,8	1.106,6
	12.00-13.00	1.172	594	235	2.001	175,8	594	305,5	1.075,3
	17.00-18.00	1.137	620	270	2.027	170,55	620	351	1.141,5

Pada persimpangan Flamboyan Raya, pergerakan kendaraan dibagi menjadi 4 fase. Berikut merupakan fase yang terdapat pada persimpangan.

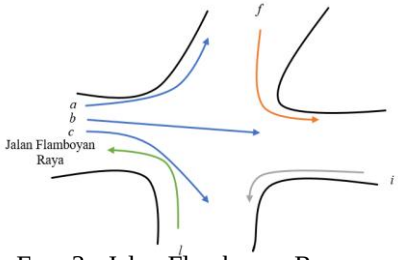
© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan



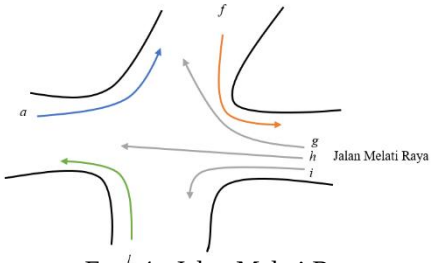
Fase 1 : Jalan Setia Budi (Selatan)



Fase 2 : Jalan Setia Budi (Utara)



Fase 3 : Jalan Flamboyan Raya



Fase 4 : Jalan Melati Raya

Gambar 1. Fase Lampu lalu lintas setiap Persimpangan jalan

Pengoptimalan Dengan Metode Webster diawali dengan menentukan waktu hilang (R) selama 5 detik. Kemudian menentukan Arus Jenuh, diamana untuk jalan Flamboyan Raya (6,5m) =3.412,5; untuk jalan Melati Raya (6,5m) = 3.412,5; untuk jalan Setia Budi Utara (6m) = 2.625; dan untuk jalan Setia Budi Selatan (5m) = 2.250. Langkah selanjutnya adalah Menentukan Tingkat Arus Lalu Lintas Berdasarkan Volume Kendaraan Pagi Hari pada pukul 07.00– 08.00 WIB menggunakan persamaan $y = \frac{Q}{S}$ dan diperoleh 0,4443 untuk jalan Flamboyan Raya, 0,24379 untuk jalan Melati Raya, -,48502 untuk jalan Setia Budi Utara, dan 0,49182 untuk jalan Setia Budi Selatan.

Sehingga y maksimal = 1,66493. Nilai Y>1 akan menghasilkan nilai siklus optimum yang negatif. Nilai Y>1 menunjukkan bahwa volume kendaraan yang melintasi persimpangan diluar dari kapasitas kendaraan yang dapat ditampung pada persimpangan tersebut. Untuk perhitungan durasi lampu lalu lintas dengan nilai Y lebih besar dari 1 dapat dilakukan dengan memakai waktu siklus optimal yang layak berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesi (PKJI 2023). Waktu siklus yang layak menurut pengaturan adalah; (1) dua fase 40 – 80 detik; (2) tiga fase 50 – 100 detik; dan (3) empat fase dengan waktu siklus yang layak 80 – 130 detik.

Lokasi Penelitian merupakan pengaturan empat fase sehingga waktu siklus yang layak berdasarkan tabel diatas adalah 80-130 detik. Dalam hal ini siklus waktu ditetapkan 120 dikarenakan kondisi volume kendaraan yang sangat padat. Waktu Hijau Maksimum Pukul 07.00-08.00 WIB dengan persamaan $G = C_0 - L = 120 - 5 = 115$ detik, sehingga waktu hijau setiap fase dengan persamaan $g = \frac{y \times G}{Y}$ diperoleh; (1) fase pertama jalan Setiabudi selatan g_1 = 33,97 detik; (2) fase kedua jalan Setiabudi utara g_2 = 33,50 detik; (3) fase ketiga jalan Flamboyan Raya g_3 = 30,69 detik; dan (4) dan fase keempat jalan Melati Raya g_4 = 16, 84.

Waktu merah untuk semua fase pukul 07.00-08.00 WIB, Waktu Merah = C_0 − waktu hijau − waktu kuning, waktu merah fase pertama $120 - 34 - 5 = 81$ detik, fase kedua $120 - 34 - 5 = 81$ detik, fase ketiga $120 - 31 - 5 = 84$ detik, dan fase keempat $120 - 29 - 5 = 98$ detik. Sehingga hasil durasi lampu menurut metode wesbter pada pukul 7.00 – 8.00 WIB ditunjukkan pada tabel 5.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Tabel 5. Hasil Durasi Lampu Lalu Lintas Pukul 07.00-08.00 WIB

Nama Jalan	Waktu (detik)		
	Merah	Kuning	Hijau
Flamboyan Raya	84	5	31
Melati Raya	98	5	17
Setia Budi (Utara)	81	5	34
Setia Budi (Selatan)	81	5	34

Kemudian menentukan tingkat arus lalu lintas berdasarkan volume kendaraan siang hari (12.00 – 13.00 WIB) dengan menggunakan persamaan $y = \frac{Q}{s}$, maka akan diperoleh nilai *y* pada masing-masing jalan; (1) Flamboyan (0,43053); (2) Melati Raya (0,28734); (3) Setia Budi Utara (0,5408); dan (4) Setia Budi Selatan (0,47791). Nilai *y* maksimal = 1,73658. Jika y maksimal > 1 akan menghasilkan nilai siklus optimum negatif sehingga untuk dapat menentukan waktu hijau dan waktu merah akan menggunakan waktu siklus optimum yang layak berdasarkan PKJI 2023 yaitu 120 detik.

Kemudian waktu hijau maksimum pukul 12.00-13.00 WIB dengan $G = C_0 - L = 120 - 5 = 115$ detik akan diperoleh waktu hijau setiap fase dengan menggunakan persamaan $g = \frac{y \times G}{Y}$. Fase pertama (g_1) atau Setia Budi (Selatan) diperoleh $1{,}6482 \approx 32$ detik, fase kedua (g_2) atau Jalan Setia Budi Utara diperoleh $33{,}8129 \approx 34$ detik. Sedangkan pada fase ketiga (g_3) atau Jalan Flamboyan Raya diperoleh $28{,}5105 \approx 29$ detik, dan fase keempat (g_4) atau Jalan Melati Raya diperoleh $19{,}0282 \approx 20$ detik. Dari waktu hijau maksimal dapat ditentukan waktu merah untuk semua fase pukul 12.00-13.00 WIB dengan persamaan Waktu Merah = C_0 − waktu hijau − waktu kuning. Dari perhitungan diperoleh waktu merah pada setiap fase 83 detik untuk fase pertama, 81 detik untuk fase kedua, 86 detik untuk fase ketig dan 95 untuk fase keempat. Berdasarkan serangkain perhitungan waktu durasi lampu lalu lintas pada pukul 12.00 – 13.00 WIB menrut metode Wesbter dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Durasi Lampu Lalu Lintas pada Pukul 12.00-13.00 WIB

Nama Jalan	Waktu (detik)		
	Merah	Kuning	Hijau
Flamboyan Raya	86	5	29
Melati Raya	95	5	20
Setia Budi (Utara)	81	5	32
Setia Budi (Selatan)	86	5	29

Selanjutnya menentukan tingkat arus lalu lintas berdasarkan volume kendaraan sore hari (17.00 – 18.00 WIB) dengan persamaan $y = \frac{Q}{s}$ pada masing-masing jalan diperoleh nilai *y* sebesar 0,38712 untuk Flamboyan Raya, 0,4625 untuk Melati Raya, 0,59832 untuk Setia Budi Utara dan 0,50733 untuk Setia Budi Selatan. Dengan demikian *y* maksimal = 1,95805. Jika y maksimal > 1 akan menghasilkan nilai siklus optimum negatif sehingga untuk dapat menentukan waktu hijau dan waktu merah akan menggunakan waktu siklus optimum yang layak berdasarkan PKJI 2023 yaitu 120 detik. Kemudian waktu hijau maksimum pukul 17.00-18.00 WIB $G = C_0 - L = 120 - 5 = 115$ detik, sehingga waktu hijau pada setia fase diperoleh; (1) fase pertama (g_1) atau Setia Budi Selatan 29,7964≈30 detik; (2) Fase kedua (g_2) atau Jalan Setia Budi Utara 35,1404≈36 detik; (3) Fase ketiga (g_3) atau Jalan Flamboyan Raya 22,7362≈23 detik; dan Fase keempat (g_4) atau Jalan Melati Raya 27,3267≈28 detik. Kemudian waktu merah untuk semua fase pukul 17.00-18.00 WIB dengan persamaan Waktu Merah = C_0 − waktu hijau − waktu kuning akan diperoleh tabel 7.

Tabel 7. Hasil Durasi Lampu Lalu Lintas pada Pukul 17.00-18.00 WIB

Nama Jalan	Waktu (detik)		
	Merah	Kuning	Hijau
Flamboyan Raya	92	5	23
Melati Raya	87	5	28
Setia Budi (Utara)	79	5	36
Setia Budi (Selatan)	85	5	30

Selain perhitungan diatas solusi lain yang dapat dilakukan jika nilai Y>1 lebih dari 1 yaitu, pertama memperbesar kapasitas pada persimpangan. Dengan memperbesar kapasitas pada persimpangan akan menjadikan persimpangan dapat menampung lebih banyak kendaraan. Kedua mengurangi lalu lintas di daerah persimpangan dengan cara pengalihan arus kendaraan ke rute jalan lain. Arus kendaraan sebaiknya dialihkan menuju jalan yang memiliki volume kendaraan yang rendah sehingga pengalihan arus kendaraan ke jalan yang baru sehingga tidak menyebabkan kemacetan pada jalan tersebut. Ketiga melakukan pembatasan kepada jenis kendaraan tertentu di waktu tertentu seperti pada jenis kendaraan berat atau heavy vehicles dilarang melintas pada waktu lalu lintas padat yaitu pada jam 07.00-08.00 WIB, 12.00-13.00 WIB dan 17.00-18.00 WIB. Karena jenis kendaraan berat (Heavy Vehicles) merupakan jenis kendaraan yang akan memakai ruang jalan paling banyak. Kendaraan berat ini diperbolehkan melintas melalui persimpangan pada waktu arus kendaraan yang melintas rendah

KESIMPULAN

Hasil perhitungan data berdasarkan penelitian memperoleh nilai Y lebih dari 1 sehingga menghasilkan siklus optimum yang negatif sehingga dalam perhitungan berikutnya menggunakan nilai siklus optimum yang disaran menurutku Pedoman Kapasitas Jalan Indonesi (MKJI) 2023 dengan menggunakan siklus optimum 120 detik. Durasi lampu lalu lintas yang diperoleh berdasarkan jumlah kendaraan pukul 07.00-08.00 WIB jalan Flamboyan Raya yaitu durasi lampu hijau menjadi 31 detik dan lampu merah menjadi 84 detik, untuk jalan Melati Raya durasi lampu hijau menjadi 17 detik dan lampu merah menjadi 98 detik, untuk jalan Setia Budi (Utara) durasi lampu hijau menjadi 34 detik dan lampu merah menjadi 81 detik dan jalan Setia Budi (Selatan) durasi lampu hijau menjadi 34 detik dan durasi lampu merah menjadi 81 detik serta masing-masing jalan memiliki durasi lampu kuning 5 detik. Durasi lampu lalu lintas yang diperoleh berdasarkan jumlah kendaraan pukul 12.00-13.00 WIB jalan Flamboyan Raya yaitu durasi lampu hijau menjadi 29 detik dan lampu merah menjadi 86 detik, untuk jalan Melati Raya durasi lampu hijau menjadi 20 detik dan lampu merah menjadi 95 detik, untuk jalan Setia Budi (Utara) durasi lampu hijau menjadi 32 detik dan lampu merah menjadi 81 detik dan jalan Setia Budi (Selatan) durasi lampu hijau menjadi 34 detik dan durasi lampu merah menjadi 83 detik serta masing-masing jalan memiliki durasi lampu kuning 5 detik. Durasi lampu lalu lintas yang diperoleh berdasarkan jumlah kendaraan pukul 17.00-18.00 WIB jalan Flamboyan Raya yaitu durasi lampu hijau menjadi 23 detik dan lampu merah menjadi 92 detik, untuk jalan Melati Raya durasi lampu hijau menjadi 28 detik dan lampu merah menjadi 87 detik, untuk jalan Setia Budi (Utara) durasi lampu hijau menjadi 36 detik dan lampu merah menjadi 79 detik dan jalan Setia Budi (Selatan) durasi lampu hijau menjadi 30 detik dan durasi lampu merah menjadi 85 detik serta masing-masing jalan memiliki durasi lampu kuning 5 detik.

DAFTAR PUSTAKA

Farida, Y., Fanani, A., Purwanti, I., Wulandari, L., & Zaen, N. J. (2020). Pemodelan Arus Lalu Lintas

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Dan Waktu Tunggu Total Optimal Di Persimpangan Jl. Jemur Andayani – Ahmad Yani Sebagai Upaya Mengurai Kemacetan. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, *14*(3).

Latuconsina, A. A. G., Maulana, M., Yasnawi, I., Fauziah, B., & M.H, M. (2022). Analisis Penerapan Sistem Bersinyal Pada Persimpangan Jl. Pajjaing – Jl. Paccerakkang Kota Makassar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil*, *4(1)*, 23–31.

Marga, D. J. B. (2023). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)*.

Nisa, A. K., & Lilik, M. (2021). Optimasi Waktu Tunggu Lalu Lintas Dengan Menggunakan Graf Kompatibel Sebagai Upaya Mengurangi Kemacetan. *MathVision : Jurnal Matematika*, *3(1)*, 1–5.

Poernamasari, I., Rinancy, T., & E.J.C.M, C. (2019). Optimasi pengaturan lampu lalu lintas dengan menggunakan metode WebsterNo Title. *Jurnal Matematika Dan Aplikasi*, *8(1)*, 27–35.

Rathomi, A. ., Ahmad, Z. ., & Nia, N. (2022). Perbaikan arah arus lalu lintas dan analisis waktu nyala lampu lalu lintas dengan metode Webster (studi kasus : Simpang 4 Karang Waru Tuban). *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, *7(1)*, 571–577.

Risdiyanto. (2014). Rekayasa dan Manajemen Lalu Lintas. In *PT Leutika Nouvalitera*.

Syafey, I., & Lambang, B. S. (2022). *Kinerja dan Kemacetan Lalu Lintas Pada Area Bukaan Median U-Turn*.

Syechah, B. N., Dessy, Z. H., Mifta, F., & Dara, P. A. (2023). Model Graf Kompatibel di Persimpangan Islamic Center (IC) Mataram Lombok. *Journal Of Mathematics and Sciences*, *7(1)*, 1–7.

Ulfah, F. D., & Oka, P. (2019). Analisis Kinerja Persimpangan Jalan Laswi dengan Jalan Gatot Subroto, Kota Bandung Menggunakan PTV VISSIM 9.0. *Jurnal Teknik Sipil*, *3(5)*, 74–85.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Etnomatematika Alat Musik Simalungun Gondang Sipitupitu

Friska Ledina Situngkir*[1], Syawal Gultom[2], Mangaratua Simanjorang[3]
[1,2,3]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:friskaledina12321@gmail.com*

Abstrak, Artikel ini mengeksplorasi etnomatematika dalam alat musik tradisional masyarakat Simalungun, Gondang Sipitupitu. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji konsep matematika yang terkandung dalam alat musik tersebut. Menggunakan metode kualitatif-analitif, penelitian ini menganalisis Gondang Sipitupitu, sebuah alat musik perkusi yang terdiri dari tujuh batang kayu paralel dengan panjang dan jarak yang sama. Melalui pendekatan etnomatematika, penelitian ini mengungkap pola matematika yang kompleks, termasuk teori bilangan dan geometri, dalam desain dan konstruksi alat musik ini. Selain itu, penelitian juga menyoroti peran budaya Gondang Sipitupitu sebagai warisan musik dan artefak matematika dalam masyarakat Simalungun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selain memiliki nilai budaya yang tinggi, Gondang Sipitupitu secara intuitif mencerminkan penerapan konsep matematika oleh masyarakat tradisional. Temuan ini berkontribusi pada kajian akademis etnomatematika serta memiliki implikasi dalam pendidikan dan pelestarian budaya.
Kata kunci: *Etnomatematika, Alat Musik, Budaya Simalungun, Geometri.*

Abstract, *this article explores the ethnomathematics embedded in the traditional musical instrument of the Simalungun community, known as Gondang Sipitupitu. The study aims to examine the mathematical concepts inherent in this traditional instrument. Using a qualitative-analytical research method, this study analyzes Gondang Sipitupitu, a percussion instrument consisting of seven parallel wooden bars of equal length and spacing. Through an ethnomathematical approach, the research reveals intricate mathematical patterns, including number theory and geometry, in the design and construction of this instrument. Additionally, the study highlights the cultural significance of Gondang Sipitupitu as both a musical heritage and a mathematical artifact within the Simalungun community. The findings indicate that, in addition to its high cultural value, Gondang Sipitupitu intuitively reflects the application of mathematical concepts by traditional societies. This study contributes to the academic discourse on ethnomathematics and has practical implications for education and cultural preservation.*
Keywords*: Ethnomathematics, Musical Instruments, Simalungun Culture, Geometry.*

Citation : Situngkir, F. L., dkk. (2024). Etnomatematika Alat Musik Simalungun Gondang Sipitupitu. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 396 – 402

PENDAHULUAN

Etnomatematika adalah bidang studi yang menggabungkan konsep matematika dengan konteks budaya, mengeksplorasi bagaimana masyarakat tradisional menerapkan prinsip-prinsip matematika dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu penerapan etnomatematika yang menarik adalah pada alat musik tradisional, seperti Gondang Sipitu-pitu dari Simalungun, Sumatera Utara. Gondang Sipitu-pitu merupakan alat musik yang terdiri dari tujuh buah gendang dengan ukuran dan nada yang berbeda, digunakan dalam berbagai upacara adat dan ritual masyarakat Simalungun. Penelitian tentang etnomatematika pada Gondang Sipitu-pitu tidak hanya mengungkap aspek matematis dari alat musik ini, tetapi juga menunjukkan bagaimana masyarakat Simalungun secara intuitif menerapkan prinsip-prinsip matematika dalam kreasi budaya mereka.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Analisis etnomatematika Gondang Sipitu-pitu melibatkan berbagai aspek, mulai dari struktur fisik alat musik hingga pola ritme dan hubungan harmonis yang dihasilkan. Setiap gendang memiliki ukuran yang berbeda, menciptakan berbagai nada yang mengikuti pola matematika tertentu. Susunan ukuran dan nada gendang ini mencerminkan penggunaan konsep geometri dan aritmatika dalam desain instrumen tradisional ini (Rosa & Orey, 2016; Gerdes, 2015).

Sebagai contoh, penelitian Rosa dan Orey (2016) menunjukkan bahwa pola-pola geometris yang ditemukan pada alat musik tradisional sering kali memiliki dasar matematika yang kuat, yang diwariskan secara turun-temurun oleh masyarakat. Hal ini sejalan dengan temuan Gerdes (2015) yang menyoroti bahwa penggunaan matematika dalam seni dan kerajinan tradisional bukanlah hal yang tidak disengaja, tetapi merupakan hasil dari pemahaman yang mendalam tentang bentuk, simetri, dan proporsi. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Putra (2016) menunjukkan bahwa pemahaman terhadap etnomatematika dapat meningkatkan apresiasi terhadap cara masyarakat tradisional dalam menerapkan konsep-konsep matematika dalam kehidupan sehari-hari, termasuk dalam kesenian dan musik. Hal ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Surya dan Siregar (2015), yang menyatakan bahwa pengenalan konsep etnomatematika dalam dunia pendidikan dapat membuat pembelajaran matematika menjadi lebih kontekstual dan relevan bagi siswa, terutama yang berasal dari latar belakang budaya tertentu.

Penelitian lain yang dilakukan oleh D'Ambrosio (2016) menegaskan pentingnya mengintegrasikan etnomatematika dalam kurikulum pendidikan untuk memberikan konteks budaya dalam pembelajaran matematika, sehingga siswa dapat melihat relevansi langsung matematika dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini juga diperkuat oleh temuan Barton (2014) bahwa pendekatan etnomatematika dapat meningkatkan motivasi dan pemahaman siswa dalam belajar matematika. Dalam konteks alat musik Gondang Sipitu-pitu, penelitian Marpaung (2014) menunjukkan bagaimana ritme dan pola nada pada gondang tersebut merefleksikan konsep-konsep matematika seperti fraktal dan deret aritmatika. Penelitian ini menunjukkan bahwa masyarakat Simalungun telah lama menggunakan prinsip-prinsip matematika dalam pengembangan musik mereka, bahkan tanpa formalitas pendidikan matematika modern. Menurut penelitian Nainggolan (2020), frekuensi nada yang dihasilkan oleh alat musik tradisional Simalungun dapat dianalisis dengan menggunakan konsep matematika seperti teori gelombang dan resonansi. Hal ini menunjukkan bahwa pemahaman matematika tidak hanya penting dalam konteks pendidikan formal, tetapi juga dalam praktik budaya sehari-hari.

Selain itu, sebuah studi oleh Zaslavsky (2015) mengungkapkan bahwa matematika dalam budaya tradisional sering digunakan untuk tujuan praktis dan estetika, seperti dalam pembuatan alat musik dan tarian. Hal ini mencerminkan pandangan bahwa matematika adalah bagian integral dari kehidupan budaya, bukan hanya disiplin akademis yang abstrak. Dengan demikian, mempelajari etnomatematika alat musik Gondang Sipitu-pitu dari Simalungun tidak hanya memperkaya pemahaman kita tentang hubungan antara matematika dan budaya, tetapi juga membantu melestarikan warisan budaya Simalungun. Pendekatan ini menawarkan perspektif baru dalam memandang matematika sebagai bagian integral dari kehidupan budaya, sekaligus memberikan metode inovatif dalam pendidikan matematika yang lebih inklusif dan kontekstual (Ascher, 2016; Eglash, 2016).

Menurut Simanjuntak dan Hutabarat (2019), pendekatan etnografi memungkinkan peneliti untuk memahami konteks budaya yang mendalam dan bagaimana konsep-konsep matematika

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

diterapkan secara praktis dalam kehidupan sehari-hari masyarakat Simalungun. Dengan memahami bagaimana konsep matematika diterapkan dalam budaya Simalungun, diharapkan dapat ditemukan cara-cara baru dalam pengajaran matematika yang lebih kontekstual dan relevan. Penelitian ini juga bertujuan untuk mendukung upaya pelestarian budaya lokal melalui pendekatan ilmiah yang terintegrasi dengan pendidikan. Siringoringo dan Marpaung (2021) berpendapat bahwa, "integrasi antara matematika dan budaya melalui etnomatematika dapat menjadi sarana yang efektif untuk melestarikan warisan budaya dan meningkatkan pemahaman matematika di kalangan generasi muda". Penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi etnomatematika yang tertanam dalam alat musik tradisional masyarakat Simalungun, yang dikenal sebagai Gondang Sipitupitu. Artikel ini bertujuan untuk melihat atau mengekplorasi alat musik tradisional tentang budaya matematika yang terkadung didalamnya.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di sidikalang. Yang menjadi subjek dalam penelitian ini Gondang Sipitupitu dan objek dalam penelitian ini adalah ethnomatematika yang terkandung dalam gondang. Penelitian ini dilakukan tepat bulan Mei 2024. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan deskriptif-analitis. Penelitian ini menggunakan instrumen menghubungkan elemen budaya Simalungun dengan konsep matematika, seperti pola, simetri, frekuensi, dan rasio dan menganalisis simetri atau struktur fisik alat musik tersebut. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk memahami fenomena dalam konteks budaya yang lebih mendalam dan komprehensif. Data dikumpulkan melalui observasi langsung, wawancara dengan budayawan Simalungun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi penerapan konsep etnomatematika pada alat musik tradisional Gondang Sipitu-pitu dari Simalungun. Dengan menganalisis struktur fisik, pola ritme, dan nada yang dihasilkan oleh Gondang Sipitu-pitu, ditemukan berbagai aspek matematika yang diterapkan secara intuitif oleh masyarakat Simalungun. Berikut ini adalah gambar gondang sipitupitu.



Gambar 1. Gondang Sipitu-pitu

Gondang Sipitu-pitu terdiri dari tujuh buah gendang dengan ukuran yang berbeda-beda. Setiap gendang memiliki diameter dan tinggi yang berbeda-beda, sehingga menghasilkan nada yang berbeda pula ketika dipukul. Pola ukuran ini menunjukkan penerapan konsep geometri, terutama dalam hal

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

proporsi dan simetri. Drum-drum tersebut disusun sedemikian rupa sehingga menghasilkan nada yang harmonis. Penelitian Gerdes (2015) menunjukkan bahwa konsep proporsi sering digunakan dalam desain alat musik tradisional untuk menciptakan keseimbangan akustik. Dalam kasus Gondang Sipitu-pitu, proporsi antara diameter dan tinggi gendang mempengaruhi frekuensi nada yang dihasilkan, di mana gendang dengan diameter yang lebih besar dan tinggi yang lebih pendek cenderung menghasilkan nada yang lebih rendah.

Pola ritme yang dimainkan pada Gondang Sipitu-pitu tidak hanya mengikuti tradisi musik Simalungun, tetapi juga mencerminkan konsep matematika seperti pola berulang dan urutan aritmatika. Irama yang kompleks dan berulang ini menunjukkan penggunaan fraktal dalam musik, di mana pola-pola kecil diulang dalam skala yang lebih besar. Menurut Marpaung (2014), pola ritme dalam musik Gondang Batak, termasuk Gondang Sipitu-pitu, menunjukkan penerapan fraktal. Pola-pola ini dihasilkan melalui pengulangan sederhana yang diatur secara matematis untuk menciptakan struktur ritmis yang kompleks dan menarik.

Setiap komposisi musik yang dimainkan dengan menggunakan Gondang Sipitu-pitu didasarkan pada aturan-aturan tertentu yang dapat dijelaskan melalui matematika. Misalnya, dalam satu komposisi, gendang tertentu ditabuh dengan urutan yang mengikuti deret aritmatika atau geometri, yang menciptakan efek musik yang harmonis dan teratur. Rosa dan Orey (2016) menyoroti bahwa banyak budaya tradisional yang menggunakan konsep matematika dalam kesenian mereka tanpa menyadarinya sebagai matematika formal. Dalam konteks ini, masyarakat Simalungun secara tidak langsung menerapkan teori deret dalam komposisi musik mereka.

Pemahaman tentang etnomatematika dalam alat musik Gondang Sipitu-pitu tidak hanya memperkaya kajian akademis, tetapi juga memiliki implikasi praktis dalam pendidikan dan pelestarian budaya. Mengintegrasikan konsep etnomatematika dalam kurikulum pendidikan dapat membuat pembelajaran matematika menjadi lebih relevan dan kontekstual bagi siswa, terutama yang berasal dari latar belakang budaya Simalungun. Studi oleh D'Ambrosio (2016) menegaskan pentingnya mengintegrasikan etnomatematika dalam pendidikan untuk memberikan konteks budaya dalam pembelajaran matematika. Hal ini juga didukung oleh penelitian Surya dan Siregar (2015), yang menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat meningkatkan motivasi dan pemahaman siswa.

Meskipun penerapan etnomatematika dalam pendidikan dan pelestarian budaya memiliki banyak manfaat, ada beberapa tantangan yang harus diatasi, seperti kurangnya sumber daya dan pelatihan bagi guru untuk mengajarkan konsep-konsep ini. Namun, peluang untuk mengembangkan kurikulum yang lebih inklusif dan kontekstual sangat besar, terutama dengan dukungan dari masyarakat lokal dan peneliti akademis. Menurut Barton (2014), salah satu tantangan utama adalah memastikan bahwa guru memiliki pemahaman yang cukup tentang etnomatematika dan bagaimana menerapkannya dalam pengajaran. Dukungan dari masyarakat dan kolaborasi antara akademisi dan praktisi budaya dapat membantu mengatasi tantangan ini.

Gondang Sipitu-pitu adalah alat musik tradisional dari Simalungun yang terdiri dari tujuh buah gendang (gondang) dengan ukuran dan nada yang berbeda. Setiap gondang memiliki dimensi tertentu yang berkontribusi pada karakteristik nada yang dihasilkan. Gondang Sipitu-pitu berasal dari kata “gondang” yang berarti gendang dan “sipitu-pitu” yang berarti tujuh dalam bahasa Batak Simalungun. Nama ini mencerminkan komposisi instrumen yang terdiri dari tujuh buah gendang, yang masing-masing memiliki peran dan fungsi tertentu dalam menciptakan harmoni musik tradisional. Setiap gondang memiliki ukuran dan nada yang berbeda, yang bersama-sama

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

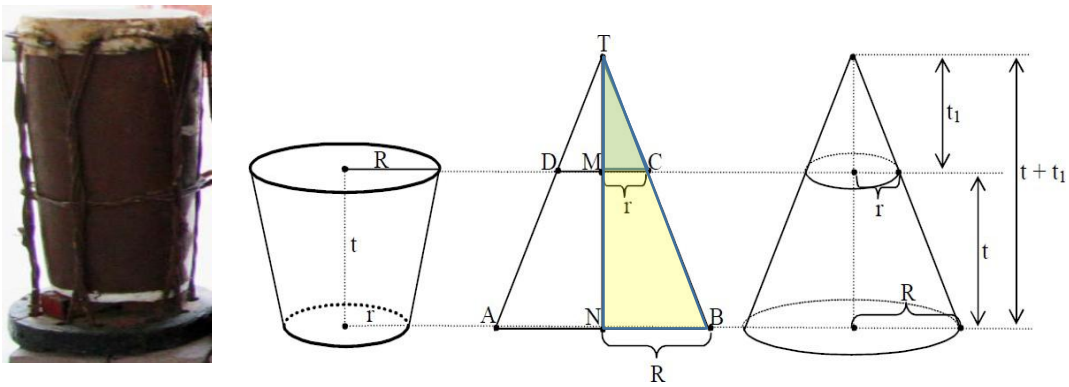
menciptakan komposisi musik yang kompleks dan harmonis. Setiap gondang dalam Gondang Sipitu-pitu dibuat dengan cermat, biasanya dari kayu yang diukir dan dilapisi dengan kulit binatang untuk menghasilkan suara yang khas. Ukuran dan bentuk setiap gondang bervariasi, mulai dari yang paling besar dengan nada rendah (bass) hingga yang paling kecil dengan nada tinggi (treble).

Struktur masing-masing gondang; (1) Gondang Jantan/Induk: Gondang terbesar dengan nada bass yang dalam; (2) Gondang 2: Sedikit lebih kecil dari gondang induk, dengan nada yang lebih tinggi; (3) 3. Gondang 3: Ukuran sedang-rendah, menghasilkan nada sedang-rendah; (4) 4. Gondang 4: Ukuran sedang, menghasilkan nada sedang; (5) Gondang 5: Ukuran sedang tinggi, menghasilkan nada sedang tinggi; (6) Gondang 6: Ukuran kecil, menghasilkan nada tinggi; dan (7) Gondang Betina/Anak: Gondang terkecil dengan nada treble tertinggi. Hasil eksplorasi bentuk-bentuk etnomatematika pada kesenian alat musik gondang sipitupitu telah menggunakan konsep dasar geometri yang diaplikasikan dalam bentuknya. Berikut adalah ukuran-ukuran dari masing-masing gondang dalam Gondang Sipitu-pitu:

Tabel 1. Ukuran Gondang Sipitupitu

No	Urutan Gondang	Tinggi	Diameter Atas	Diameter Bawah
1	Gondang jantan/induk	43 cm	14 cm	11 cm
2	Gondang 2	43 cm	15 cm	12 cm
3	Gondang 3	43 cm	16 cm	13 cm
4	Gondang 4	43 cm	16 cm	13 cm
5	Gondang 5	43 cm	17 cm	14 cm
6	Gondang 6	44 cm	18 cm	15 cm
7	Gondang betina/anak	46 cm	19 cm	16 cm

Bentuk gondang sipitupitu menyerupai kerucut runcing, yaitu kerucut yang dipotong oleh bidang yang sejajar dengan bidang alasnya. Gondang sipitupitu disebut kerucut runcing karena memiliki ukuran alas dan atap yang berbeda. Sehingga kita menyebutnya sebagai kerucut. Perhatikan gambar di bawah ini yang mengilustrasikan gondang sipitupitu.



Gambar 2: Gondang Sipitu-Pitu Terpotong Seperti Kerucut

Dari gambar 2, diperoleh perbandingan segitiga TMC dan segitiga TNB $\frac{t_1}{t_1+t} = \frac{r}{R}$ dan akan diperoleh $t_1 = \frac{rt}{R-r}$. Dengan cara yang sama diperoleh selimut kerucut terpancung $s_1 = \frac{rt}{R-r}$, Untuk mencari Volume diperoleh $\frac{V.K.atas}{V.K.bawah} = \frac{r^3}{R^3-r^3}$ sehingga V. K. Bawah = V. K atas. $\frac{R^3r^3}{r^3}$.

V. K. Bawah = $\frac{1}{3}\pi r^2 t \,.\, \frac{R^3r^3}{r^3} = \frac{1}{3}\pi r^2 t_1 \,.\, (R-r)\frac{(R^2+Rt+r^2)}{r^3} = \frac{1}{3}\pi t \,.\, (R^2+Rt+r^2)$

V. K. Bawah= v. k. terpancung = $\frac{1}{3}\pi t \,.\, (R^2+Rt+r^2)$ dengan cara yang sama diperoleh luas selimut kerucut terpancung = $\pi(R+r)s$. Selanjutnya, dilakukan perhitungan volume dan luas selimut kerucut terpancung Gondang Sipitupitu yang mana sebelumnya telah dilakukan pengukuran

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

langsung terhadap diameter atap dan diameter alas serta tinggi dari kerucut terpanjung Gondang Sipitupitu. Rangkuman hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa diagonal atap, diagonal alas, jari-jari atap, jari-jari alas, keliling atap dan keliling alas membentuk barisan aritmatika secara otomatis luas dan volume membentuk barisan aritmatika.

Tebel 2. Perbandingan Ukuran Gondang

Urutan Gondang	Tinggi (cm)	d Atap (cm)	d Alas (cm)	K atap (cm)	K Alas (cm)	S (cm)	Luas (cm^2)	Volume (cm^3)
Gondang Jantan/Induk	43	14	11	44	34	43	1711,52	17129,357
Gondang 2	43	15	12	47	37	43	1851,97	18683,500
Gondang 3	43	16	13	50	40	43	1993,20	20282,690
Gondang 4	43	16	13	50	40	43	1993,20	20282,690
Gondang 5	43	17	14	53	44	43	2135,25	21926,929
Gondang 6	44	18	15	56	47	44	2328,96	24580,286
Gondang Betina/Anak	46	19	16	59	50	46	2583,39	28492,619

Tabel 3. Rumus Ke n Dalam Matematika Gondang Sipitu-Pitu

Nama barisan	Suku awal (a)	Beda (b)	Rumus ke-n
Diagonal atap	14	1	$Un = 14 + (n-1)$
Diagonal alas	11	1	$Un = 11 + (n-1)$
Jari-jari atap	7	0,5	$Un = 7 + (n-1)\frac{1}{2}$
Jari-jari alas	5,5	0,5	$Un = \frac{10}{2} + (n-1)\frac{1}{2}$
Keliling atap	44	3	$Un = 44 + (n-1)3$
Keliling alas	34	3	$Un = 34 + (n-1)3$

Ukuran gondang mengikuti prinsip-prinsip proporsi dan skala yang berdampak langsung pada frekuensi suara yang dihasilkan. Dalam pembuatan gondang, pemahaman tentang proporsi dan simetri sangat penting untuk menghasilkan suara yang harmonis. Gondang yang lebih besar memiliki diameter dan tinggi yang lebih besar, sehingga menghasilkan nada-nada bass yang lebih rendah, sementara gondang yang lebih kecil menghasilkan nada-nada treble yang lebih tinggi. Pemahaman tentang etnomatematika dalam konteks Gondang Sipitu-pitu tidak hanya memperkaya kajian akademis, tetapi juga memiliki implikasi praktis dalam pendidikan dan pelestarian budaya. Mengintegrasikan konsep-konsep ini ke dalam kurikulum pendidikan dapat membuat pembelajaran matematika menjadi lebih relevan dan kontekstual bagi siswa, serta membantu melestarikan warisan budaya yang berharga. Meskipun penerapan etnomatematika dalam pendidikan dan pelestarian budaya memiliki banyak manfaat, ada beberapa tantangan yang perlu diatasi. Misalnya, kurangnya sumber daya dan pelatihan bagi guru untuk mengajarkan konsep-konsep ini dapat menjadi penghalang. Namun, peluang untuk mengembangkan kurikulum yang lebih inklusif dan kontekstual sangat besar, terutama dengan dukungan dari komunitas lokal dan peneliti akademis.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa alat musik Gondang Sipitu-pitu dari Simalungun tidak hanya memiliki nilai budaya yang tinggi, tetapi juga mengandung berbagai konsep matematika yang diterapkan secara intuitif oleh masyarakat tradisional. Pemahaman tentang etnomatematika dalam konteks ini tidak hanya memperkaya kajian akademis tetapi juga memiliki implikasi praktis dalam dunia pendidikan dan pelestarian budaya. Dengan mengintegrasikan etnomatematika ke dalam

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

kurikulum pendidikan, kita dapat membuat pembelajaran matematika menjadi lebih kontekstual dan relevan, sekaligus membantu melestarikan warisan budaya yang berharga.

DAFTAR PUSTAKA

Ascher, M. (2016). *Ethnomathematics: A Multicultural View of Mathematical Ideas*. Chapman & Hall/CRC.

Barton, B. (2014). *The Language of Mathematics: Telling Mathematical Tales*. Springer.

D'Ambrosio, U. (2016). *Ethnomathematics: Link Between Traditions and Modernity*. Sense Publishers.

Eglash, R. (2016). *African Fractals: Modern Computing and Indigenous Design*. Rutgers University Press.

Gerdes, P. (2015). *Geometry from Africa: Mathematical and Educational Explorations*. Mathematical Association of America.

Marpaung, Y. (2014). "Pola Ritme dan Nada dalam Musik Gondang Batak: Sebuah Pendekatan Etnomatematika." *Jurnal Seni dan Budaya*, 12(3), 45-58.

Nainggolan, D. M. (2020). The mathematical rhythm and frequency analysis of traditional Simalungun musical instruments. *Journal of Ethnomusicology*, 45(2), 210-225.

Putra, M. (2016). "Etnomatematika: Konsep dan Aplikasinya dalam Pendidikan Matematika." *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 21(4), 400-412.

Rosa, M., & Orey, D. C. (2016). "Ethnomathematics and its Pedagogical Action in Mathematics Education." *Journal of Mathematics and Culture*, 11(1), 1-18.

Simanjuntak, A. B., & Hutabarat, M. T. (2019). Ethnomathematics in Batak Simalungun culture: A study on traditional architecture and musical instruments. *International Journal of Ethnomathematics*, 5(1), 77-95.

Siringoringo, J. S., & Marpaung, P. H. (2021). Symmetry and pattern in the traditional Batak Simalungun arts: An ethnomathematical approach. *Mathematical Sciences Journal*, 11(4), 300-315.

Zaslavsky, C. (2015). *Africa Counts: Number and Pattern in African Cultures*. Chicago Review Press.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pembangunan Algortima Metode Runge-Kutta Orde Ketiga Rataan Aritmatika untuk melihat dinamika Penyebaran penyakit Demam Berdarah

Glenn Kelty David Manurung[1*], Eli Safitri[2], Ronasip Heppy Ria Sibarani[3], Yulita Molliq Rangkuti[4]
[1,2,3,4,]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author:gkelty.dm@gmail.com,*

Abstrak, Makalah ini pengimplementasian metode Runge-Kutta order ketiga Rataaan Aritmatika (RK3RA) dalam pemodelan penyebaran penyakit menular menggunakan model Susceptible-Infected-Recovered (SIR). Model SIR, yang memodelkan dinamika populasi rentan, terinfeksi, dan sembuh, diselesaikan secara numerik menggunakan metode RK3RA untuk meningkatkan stabilitas dan akurasi perhitungan. Parameter seperti laju infeksi (β) dan laju pemulihan (γ) digunakan dalam simulasi penyebaran demam Dengue selama periode waktu tertentu. Simulasi dilakukan menggunakan pemrograman Python. Hasil simulasi dengan menggunakan Python tersebut menunjukkan pola penurunan populasi rentan, peningkatan populasi sembuh, serta puncak infeksi sesuai dengan karakteristik penyebaran penyakit. Visualisasi 2D digunakan untuk menggambarkan perkembangan epidemi, memberikan wawasan penting dalam memahami dinamika penyebaran Dengue. Artikel ini menunjukkan bahwa metode RK3RA menggunakan Python mampu memberikan prediksi yang lebih akurat dan stabil, sehingga dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan dalam mitigasi penyakit menular.
Kata kunci: SIR, Runge-Kutta order ketiga Rataan Aritmatika, Python, Demam Dengue

Abstract, *this paper implements the third-order Runge-Kutta Arithmetic Mean (RK3AM) method in modeling the spread of infectious diseases using the Susceptible-Infected-Recovered (SIR) model. The SIR model, which models the dynamics of susceptible, infected, and resolved, is solved numerically using the RK3AM method to improve the stability and accuracy of the calculation. Parameters such as the infection rate (β) and the recovery rate (γ) are used to simulate the spread of dengue fever over time. The simulation was carried out using Python programming. The simulation results using Python show a pattern of decreasing susceptible populations, increasing recovered populations, and peak infections according to the characteristics of the spread of the disease. 2D visualization is used to illustrate the development of the epidemic, providing essential insights into understanding the dynamics of the spread of Dengue Fever. This article shows that the RK3AM method using Python can provide more accurate and stable predictions so that it can be used to support decision-making in mitigating infectious diseases.*
Keywords*: SIR, Runge-Kutta third order Arithmetic Mean, Python, Dengue Fever*

Citation : Manurung, G. K. D., dkk. (2024). Pembangunan Algortima Metode Runge-Kutta Orde Ketiga Rataan Aritmatika untuk melihat dinamika Penyebaran penyakit Demam Berdarah. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 403 – 412

PENDAHULUAN

Demam Berdarah Dengue (DBD) masih menjadi masalah kesehatan yang signifikan, terutama di daerah tropis seperti Indonesia, di mana ribuan orang terinfeksi setiap tahunnya. Berdasarkan laporan dari World Health Organization (WHO), sekitar 500.000 orang di seluruh dunia terdampak DBD setiap tahun, dengan angka kematian mencapai 22.000 jiwa, menjadikan penyakit ini sebagai perhatian kesehatan global .Penyebaran DBD terutama melalui nyamuk Aedes, dan penyebaran cepatnya memerlukan model matematika yang akurat untuk memahami dan mengendalikan wabah secara (Aziim & Arif, 2022).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Model matematika menjadi alternative solusi untuk mengurangi penyebaran penyakit dengan memprediksi jumlah dari penderita. Model ini bertujuan untuk menganalisis dinamika penyebaran penyakit dan merancang strategi kontrol yang efektif. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan adalah dengan memasukkan pengendalian berupa penyemprotan insektisida dan pengobatan pasien. Pendekatan kontrol optimal, seperti yang didiskusikan dalam penelitian sebelumnya, memungkinkan kita untuk meminimalkan populasi manusia yang terinfeksi dan menurunkan risiko penyebaran penyakit (Firmansyah, dkk., 2024). Banyak penelitian mengenai pembangunan model, simulasi model dan pengontrolan model untuk mengatasi masalah demam Denge ini (Nisa, dkk., 2024).

Model penyebaran demam berdarah dengue pada makalah ini menggunakan model yang diadopsi dari artikel Side dkk (2018), Populasi manusia dengan persamaan (1) – (3) dan populasi vektor dengan persamaan (4) dan (5).

$$\frac{dS_h}{dt} = \mu_h N_h - \frac{\beta_h b}{N_h} I_v S_h - \mu_h S_h - \theta_h R_h, \quad (1)$$

$$\frac{dI_h}{dt} = \frac{\beta_h b}{N_h} I_v S_h - (\mu_h + \gamma_h) I_h, \quad (2)$$

$$\frac{dS_h}{dt} = \gamma_h I_h - (\mu_h + \theta_h) R_h, \quad (3)$$

$$\frac{dS_v}{dt} = \mu_v N_v - \frac{\beta_v b}{N_h} I_h S_v - \mu_v S_v, \quad (4)$$

$$\frac{dI_v}{dt} = \frac{\beta_v b}{N_h} I_h S_v - \mu_v I_v. \quad (5)$$

dimana S_h adalah jumlah manusia yang rentan terhadap penyakit, I_h adalah jumlah manusia yang terinfeksi, R_h adalah jumlah manusia yang sembuh, $S_v$adalah jumlah nyamuk yang rentan terhadap virus, $I_v$adalah jumlah nyamuk yang terinfeksi, $\mu_h$adalah laju kematian manusia, μ_v adalah laju kematian nyamuk, β_h adalah probabilitas infeksi dari nyamuk ke manusia, β_v adalah probabilitas infeksi dari manusia ke nyamuk, θ_h adalah laju kehilangan kekebalan pada manusia yang sembuh, $\Upsilon_h$adalah laju kesembuhan manusia. Dari penelitian Side dkk (2018) diketahui bahwa nilai $N_h = 7675893, N_v = 10000, \mu_h = 0.000046, \mu_v = 0.0323, b\,\beta_h = 0.75, \beta_v b = 0.375, \gamma_h = 0.328833$, dan $\theta_h = 1/730$.

Penyelesaia model matematika secara numerik perlu dapat diterapkan. Salah satu metode yang sering digunakan adalah metode Runge-Kutta Orde 4 (RK4), yang terkenal karena akurasi dan stabilitasnya. Namun, pada kasus di mana dinamika penyebaran penyakit bersifat cepat atau kompleks, diperlukan metode yang lebih stabil dan akurat seperti Runge-Kutta order ketiga rataan aritmatika (RK3RA). Metode RK3RA menawarkan stabilitas lebih baik dalam pemecahan persamaan diferensial dengan perubahan non-linear dan cepat, memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan metode RK4 standar (Cooper, dkk., 2020; Dewantara, dkk. 2017).

Simulasi metode ini biasanya menggunakan bantuan perangkat lunak tertentu seperti Matlab, Maple (Side, dkk., 2018), Mathematica (Rangkuti, dkk., 2021) dan Python (Romzil, 2020), yang telah menyelesaiakan masalah penyebaran penyakit demam berdarah. Python dikembangkan oleh Guido van Rossum pada akhir tahun 1980an dan pertama kali dirilis pada tahun 1991. Van Rossum mengembangkan Python dengan tujuan menciptakan bahasa pemrograman yang mudah dipelajari dan digunakan, namun kuat dan fleksibel untuk menangani berbagai tugas. Python adalah salah satu bahasa pemrograman paling populer saat ini, terutama di kalangan ilmuwan komputer, ilmuwan data, dan insinyur.

Python digunakan untuk implementasi simulasi ini karena fleksibilitas dan kekayaannya dalam library ilmiah. NumPy digunakan untuk perhitungan numerik, dan Matplotlib digunakan untuk

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

visualisasi hasil. Python juga sangat populer di kalangan ilmuwan data dan insinyur karena sintaksisnya yang mudah dipahami dan kemampuannya untuk menangani komputasi skala besar (Syahrudi, & Kurniawan, 2018). Library utama yang digunakan dalam simulasi ini meliputi: (a) NumPy: Untuk melakukan perhitungan numerik pada array multi-dimensi dan melakukan operasi dalam matematika menggunakan library NumPy. (b) Matplotlib: Untuk memvisualisasikan hasil simulasi dalam bentuk grafik 2D dan 3D, termasuk plot lintasan $x(t), y(t), z(t)$ serta diagram fase dan lintasan 3D dari ruang fase menggunakan libraby import matplotlib.pyplot as plt dan from mpl_toolkits import mplot3d, (c) pandas: untuk membuat tabel melalui dataframe menggunakan library import pandas as.

Salah satu aplikasi umum Python adalah dalam penyelesaian masalah numerik dan simulasi sistem dinamis, seperti sistem Rossler. Banyak studi menggunakan Python untuk menyelesaikan sistem persamaan diferensial dengan berbagai metode numerik. Zhu et al (2018) menggunakan python untuk mengembangkan aplikasi yang memanfaatkan fitur unik bahasa skrip sambil memanfaatkan model dan algoritma analisis elemen hingga yang canggih. De Palma et al. (2019) membangun program analisis modular yang ditulis dalam Python yang ditujukan untuk estimasi waktu autokorelasi untuk simulasi Monte Carlo dengan menggunakan algoritma metode Γ. Terakhir, Castro dan Jansen (2020) menerapkan metode asimtotik Koiter berdasarkan alat kolaboratif terkini, Python. Artikel ini membicarakan tentang pembangunan script Python menyelesaikan model matematika dari penyakit degue menggunakan Metode RK3RA untuk memahami dinamika penyebaran penyakit dalam jangka waktu tertentu dan menganalisis hasil dengan metode inputan yang dibangun

METODE RUNGE KUTTA ORDE 3 DENGAN RATAAN ARITMATIK

Metode Runge kutta orde 3 dengan rataan Aritmatik diperkenalan oleh Ahamad dan Yacoub (2013). Metode ini telah menyelesaikan Persamaan Diferensial Agak Kaku. Metode ini dapat ditulis dalam persamaan (6)

$$y_{n+1} = y_n + h\left[\frac{4+3\sqrt{2}}{4}k_1 - \frac{12+9\sqrt{2}}{4}k_2 + \frac{6+3\sqrt{2}}{2}k_3\right] \qquad (6)$$

Dimana $k_1 = f(t_n, y_n);\ k_2 = f\left(t_n + \frac{2-\sqrt{2}}{3}h, y_n + \frac{2-\sqrt{2}}{4}hk_1\right), k_2 = f\left(t_n + \frac{1}{3}h, y_n + \frac{1}{3}\left(\frac{k_1+k_2}{2}\right)h\right)$. Disini $k_i, i = 1,2,\ldots,9$ adalah evaluasi dari fungsi $f(t,x,y)$ pada titik-titik tertentu dalam setiap langkah waktu. Koefisien dan titik evaluasi ini disusun secara spesifik untuk meminimalkan error global dan memastikan kestabilan solusi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Syntax Python sudah dibangun pada media ujicoba untuk mendapatkan Solusi dari model SIR dengan syarat awal $S_h(0) = \frac{7675406}{7675893}, I_h(0) = \frac{48776}{75893}, R_h(0) = \frac{450}{7675893}, S_v(0) = \frac{9564}{10000}$, dan $I_v(0) = 560/10000$. Script dimulai dengan mendefinisikan beberapa library pendukung sebagai berikut:

```
# RK3 Rataan Aritatika
import math
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
```


© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Library yang dipilih mendukung pengoperasian rumus matematika import numpy as np, pembuatan grafik import matplotlib.pyplot as plt serta pembuatan tabel dengan library import pandas as pd. Pada script python juga dibangun penginputan fungsi $f(t, S_h, I_h, R_h, S_v, I_v)$ untuk mencari parameter terbaik melihat model SIR berperilaku kacau atau tidak. Script python dapat dilihat sebagai berikut

```
# Fungsi untuk mendapatkan input fungsi dari pengguna
def Aget_function_input(prompt):
 while True:
  try:
   func = input(prompt)
   AA = eval("lambda t, Sh, Ih, Rh, Sv, Iv: " + func)
   # Uji fungsi dengan nilai sembarang
   AA(0, 0, 0, 0, 0, 0)
   return AA, func
  except:
   print("Input fungsi tidak valid. Silakan coba lagi.")
def Bget_function_input(prompt):
 while True:
  try:
   func = input(prompt)
   BB = eval("lambda t, Sh, Ih, Rh, Sv, Iv: " + func)
   # Uji fungsi dengan nilai sembarang
   BB(0, 0, 0, 0, 0, 0)
   return BB, func
  except:
   print("Input fungsi tidak valid. Silakan coba lagi.")
def Cget_function_input(prompt):
 while True:
  try:
   func = input(prompt)
   CC = eval("lambda t, Sh, Ih, Rh, Sv, Iv: " + func)
   # Uji fungsi dengan nilai sembarang
   CC(0, 0, 0, 0, 0, 0)
   return CC, func
  except:
   print("Input fungsi tidak valid. Silakan coba lagi.")
def Dget_function_input(prompt):
 while True:
  try:
   func = input(prompt)
   DD = eval("lambda t, Sh, Ih, Rh, Sv, Iv: " + func)
   # Uji fungsi dengan nilai sembarang
   DD(0, 0, 0, 0, 0, 0)
   return DD, func
  except:
   print("Input fungsi tidak valid. Silakan coba lagi.")
def Eget_function_input(prompt):
 while True:
  try:
   func = input(prompt)
   EE = eval("lambda t, Sh, Ih, Rh, Sv, Iv: " + func)
   # Uji fungsi dengan nilai sembarang
   EE(0, 0, 0, 0, 0, 0)
   return EE, func
  except:
print("Input fungsi tidak valid. Silakan coba lagi.")
```


© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Kemudian, fungsi didefinisikan terdapat lima fungsi yaitu fungsi AA, BB, CC, DD dan EE dengan membedakan variabel Sh, Ih, Rh, Sv, dan Iv. Kemudian metode RK3RA dibangun seperti syntax berikut

```
# Metode Runge-Kutta Orde 3 Rataan Aritmatika
def rk3ra_solver(AA, BB, CC, DD, EE, Sh0, Ih0, Rh0, Sv0, Iv0,t0, tf, h):
 t_values = []
 Sh_values = []
 Ih_values = []
 Rh_values = []
 Sv_values = []
 Iv_values = []
 t = t0
 Sh = Sh0
 Ih = Ih0
 Rh = Rh0
 Sv = Sv0
 Iv = Iv0
 while t <= tf:
  t_values.append(t)
  Sh_values.append(Sh)
  Ih_values.append(Ih)
  Rh_values.append(Rh)
  Sv_values.append(Sv)
  Iv_values.append(Iv)
  k1 = h * AA(t, Sh, Ih, Rh, Sv, Iv)
  l1 = h * BB(t, Sh, Ih, Rh, Sv, Iv)
  m1 = h * CC(t, Sh, Ih, Rh, Sv, Iv)
  n1 = h * DD(t, Sh, Ih, Rh, Sv, Iv)
  p1 = h * EE(t, Sh, Ih, Rh, Sv, Iv)
  k2 = h * AA(t + (2 - np.sqrt(2))* h/3, Sh + (2 - np.sqrt(2))*h*k1/4, Ih + (2 -
np.sqrt(2))*k1/4, Rh + (2 - np.sqrt(2))*k1/4, Sv + (2 - np.sqrt(2))*k1/4, Iv + (2 -
np.sqrt(2))*k1/4)
  l2 = h * BB(t + (2 - np.sqrt(2))* h/3, Sh + (2 - np.sqrt(2))*h*l1/4, Ih + (2 -
np.sqrt(2))*l1/4, Rh + (2 - np.sqrt(2))*l1/4, Sv + (2 - np.sqrt(2))*l1/4, Iv + (2 -
np.sqrt(2))*l1/4)
  m2 = h * CC(t + (2 - np.sqrt(2))* h/3, Sh + (2 - np.sqrt(2))*h*m1/4, Ih + (2 -
np.sqrt(2))*m1/4, Rh + (2 - np.sqrt(2))*m1/4, Sv + (2 - np.sqrt(2))*m1/4, Iv + (2 -
np.sqrt(2))*m1/4)
  n2 = h * DD(t + (2 - np.sqrt(2))* h/3, Sh + (2 - np.sqrt(2))*h*n1/4, Ih + (2 -
np.sqrt(2))*n1/4, Rh + (2 - np.sqrt(2))*n1/4, Sv + (2 - np.sqrt(2))*n1/4, Iv + (2 -
np.sqrt(2))*n1/4)
  p2 = h * EE(t + (2 - np.sqrt(2))* h/3, Sh + (2 - np.sqrt(2))*h*p1/4, Ih + (2 -
np.sqrt(2))*p1/4, Rh + (2 - np.sqrt(2))*p1/4, Sv + (2 - np.sqrt(2))*p1/4, Iv + (2 -
np.sqrt(2))*p1/4)
  k3 = h * AA(t + (1/3)*h, Sh + (1/3)* (k1+k2)/2, Ih + (1/3)* (k1+k2)/2, Rh + (1/3)*
(k1+k2)/2, Sv + (1/3)* (k1+k2)/2, Iv + (1/3)* (k1+k2)/2)
  l3 = h * BB(t + (1/3)*h, Sh + (1/3)* (l1+l2)/2, Ih + (1/3)* (l1+l2)/2, Rh + (1/3)*
(l1+l2)/2, Sv + (1/3)* (l1+l2)/2, Iv + (1/3)* (l1+l2)/2)
  m3 = h * CC(t + (1/3)*h, Sh + (1/3)* (m1+m2)/2, Ih + (1/3)* (m1+m2)/2, Rh + (1/3)*
(m1+m2)/2, Sv + (1/3)* (m1+m2)/2, Iv + (1/3)* (m1+m2)/2)
  n3 = h * BB(t + (1/3)*h, Sh + (1/3)* (n1+n2)/2, Ih + (1/3)* (n1+n2)/2, Rh + (1/3)*
(n1+n2)/2, Sv + (1/3)* (n1+n2)/2, Iv + (1/3)* (n1+n2)/2)
  p3 = h * CC(t + (1/3)*h, Sh + (1/3)* (p1+p2)/2, Ih + (1/3)* (p1+p2)/2, Rh + (1/3)*
(p1+p2)/2, Sv + (1/3)* (p1+p2)/2, Iv + (1/3)* (p1+p2)/2)
  Sh = Sh + ((4 + 3*np.sqrt(2))* k1/4 - (12 + 9*np.sqrt(2))* k2/4 + (6 + 3*np.sqrt(2))*k3/2)
  Ih = Ih + ((4 + 3*np.sqrt(2))* l1/4 - (12 + 9*np.sqrt(2))* l2/4 + (6 + 3*np.sqrt(2))*l3/2)
  Rh = Rh + ((4 + 3*np.sqrt(2))* m1/4 - (12 + 9*np.sqrt(2))* m2/4 + (6 + 3*np.sqrt(2))*m3/2)
  Sv = Sv + ((4 + 3*np.sqrt(2))* n1/4 - (12 + 9*np.sqrt(2))* n2/4 + (6 + 3*np.sqrt(2))*n3/2)
  Iv = Iv + ((4 + 3*np.sqrt(2))* p1/4 - (12 + 9*np.sqrt(2))* p2/4 + (6 + 3*np.sqrt(2))*p3/2)
  t = t + h
```


© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

```
    return t_values, Sh_values, Ih_values, Rh_values, Sv_values, Iv_values
```

Selajutnya untuk menunjukkan fleksibilitas script python nilai awal, interval waktu dan ukuran langkah di masukkan dengan koding inputan seperti script berikut

```
# Mendapatkan input fungsi dari pengguna
AA, A_str = Aget_function_input("Masukkan fungsi AA(t, Sh, ih, Rh, Sv, Iv): ")
BB, B_str = Bget_function_input("Masukkan fungsi BB(t, Sh, ih, Rh, Sv, Iv): ")
CC, C_str = Cget_function_input("Masukkan fungsi CC(t, Sh, ih, Rh, Sv, Iv): ")
DD, D_str = Dget_function_input("Masukkan fungsi DD(t, Sh, ih, Rh, Sv, Iv): ")
EE, E_str = Eget_function_input("Masukkan fungsi EE(t, Sh, ih, Rh, Sv, Iv): ")
Sh0 = float(input("Masukkan nilai Sh0 (kondisi awal): "))
Ih0 = float(input("Masukkan nilai Ih0 (kondisi awal): "))
Rh0 = float(input("Masukkan nilai Rh0 (kondisi awal): "))
Sv0 = float(input("Masukkan nilai Sv0 (kondisi awal): "))
Iv0 = float(input("Masukkan nilai Iv0 (kondisi awal): "))
t0 = float(input("Masukkan nilai t0 (waktu awal): "))
tf = float(input("Masukkan nilai tf (waktu akhir): "))
h = float(input("Masukkan nilai h (step size): "))
t_values, Sh_values, Ih_values, Rh_values, Sv_values, Iv_values = rk3ra_solver(AA, BB,
CC, DD, EE, Sh0, Ih0, Rh0, Sv0, Iv0, t0, tf, h)
```

sedangkan nilai awal yang diinput adalah $S_h(0) = \frac{7675406}{7675893}, I_h(0) = \frac{48776}{75893}, R_h(0) = \frac{450}{7675893}$, $S_v(0) = \frac{9564}{10000}$, dan $I_v(0) = 560/10000$.

```
Masukkan fungsi AA(t, Sh, ih, Rh, Sv, Iv):  0.00004599708130 - (0.2925185603*Iv + 0.000046)*Sh + Rh/730
Masukkan fungsi BB(t, Sh, ih, Rh, Sv, Iv):  0.2925185603*Iv*Sh-0.328879*Ih
Masukkan fungsi CC(t, Sh, ih, Rh, Sv, Iv):  0.328833*Ih -0.001415863014*Rh
Masukkan fungsi DD(t, Sh, ih, Rh, Sv, Iv):  0.03089172-(0.3750237953*Ih+0.0323)*Sv
Masukkan fungsi EE(t, Sh, ih, Rh, Sv, Iv):  0.3750237953*Ih*Sv-0.0323*Ih
Masukkan nilai Sh0 (kondisi awal):  0.999936555
Masukkan nilai Ih0 (kondisi awal):  0.000063445
Masukkan nilai Rh0 (kondisi awal):  0.000058625
Masukkan nilai Sv0 (kondisi awal):  0.9564
Masukkan nilai Iv0 (kondisi awal):  0.056
Masukkan nilai t0 (waktu awal):  0
Masukkan nilai tf (waktu akhir):  15
Masukkan nilai h (step size):  0.001
```

Untuk menampilkan tabel setelah penginputan data dan perhitungan menggunakan metode MRKV dituliskan sebagai berikut dan data hasil simulasi akan dimasukkan ke dalam dataframe. Setelah disimulasikan, akan dihasilkan tampilan pada gambar 1.

```
# Membuat tabel data
data = {
 "t": t_values,
 "Sh": Sh_values,
 "Ih": Ih_values,
 "Rh": Rh_values,
 "Sv": Sv_values,
 "Iv": Iv_values
}
df = pd.DataFrame(data)
print(df)
```

Kemudian untuk memvisualisasikan hasil simulasi melalui script di atas maka visualisasi 2 dimensi ditampilkan melalui script berikut. Visualisasi melalui koding python di atas, solusi untuk $S_h(t), I_h(t), R_h(t), S_v(t), I_v$ masing-masing berwarna merah, biru dan hijau yang dapat dilihat dari legend yang ditampilkan pada bagian kiriseperti pada gambar 2.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

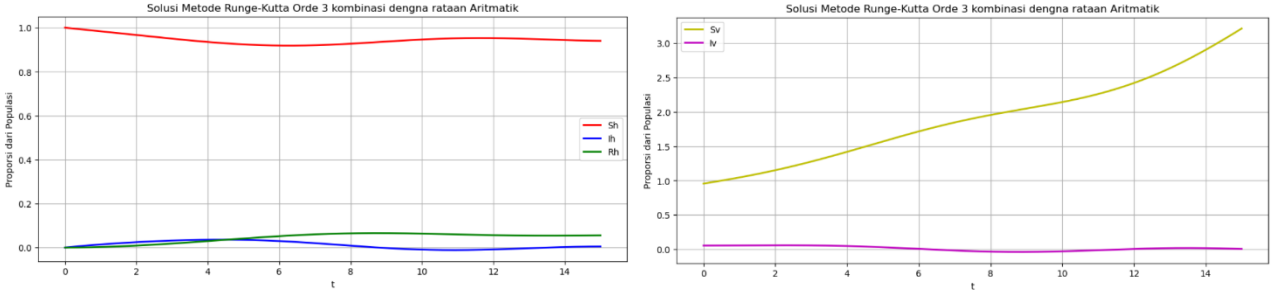
```
    # Plot hasil
    plt.figure(figsize=(12,5))
    plt.plot(t_values, Sh_values,'r-',linewidth=2,label='Sh')
    plt.plot(t_values, Ih_values,'b-',linewidth=2,label='Ih')
    plt.plot(t_values, Rh_values,'g-',linewidth=2,label='Rh')
    plt.xlabel('t')
    plt.ylabel('Proporsi dari Populasi')
    plt.title('Solusi Metode Runge-Kutta Orde 3 kombinasi dengna rataan Aritmatik')
    plt.grid(True)
    plt.legend()
    plt.show()

    plt.figure(figsize=(12,5))
    plt.plot(t_values, Sv_values,'y-',linewidth=2,label='Sv')
    plt.plot(t_values, Iv_values,'m-',linewidth=2,label='Iv')
    plt.xlabel('t')
    plt.ylabel('Proporsi dari Populasi')
    plt.title('Solusi Metode Runge-Kutta Orde 3 kombinasi dengna rataan Aritmatik')
    plt.grid(True)
    plt.legend()
plt.show()
```

	t	Sh	Ih	Rh	Sv	Iv
0	0.000	0.999937	0.000063	0.000059	0.956400	0.056000
1	0.001	0.999920	0.000080	0.000059	0.956484	0.056000
2	0.002	0.999904	0.000096	0.000059	0.956568	0.056000
3	0.003	0.999887	0.000113	0.000059	0.956652	0.056000
4	0.004	0.999871	0.000129	0.000059	0.956736	0.056000
...	...	...	...	...	...	...
14996	14.996	0.940141	0.004726	0.055225	3.208817	0.006414
14997	14.997	0.940139	0.004726	0.055226	3.209141	0.006399
14998	14.998	0.940138	0.004726	0.055228	3.209465	0.006384
14999	14.999	0.940136	0.004726	0.055229	3.209790	0.006368
15000	15.000	0.940134	0.004726	0.055231	3.210114	0.006353

Gambar 1. Data hasil simulasi

Begitu juga dinamika penyebaran dari jumlah penyebaran jumlah nyamuk yang rentan dan nyamuk yang terinfeksi diperlihatkan oleh garis berwarna kuning dan ungu seperti berikut



Gambar 2. Visualisasi dari hasil solusi model SIR pada Manusia dan nyamuk kasus demam dengue dalam interval waktu $0 \leq t \leq 15$.

Berikut ini syntak python untuk menunjukkan dinamika penyebaran demam dengue untuk tiap tiap variabel, $S_h(t), I_h(t), R_h(t), S_v(t),\ I_v$.

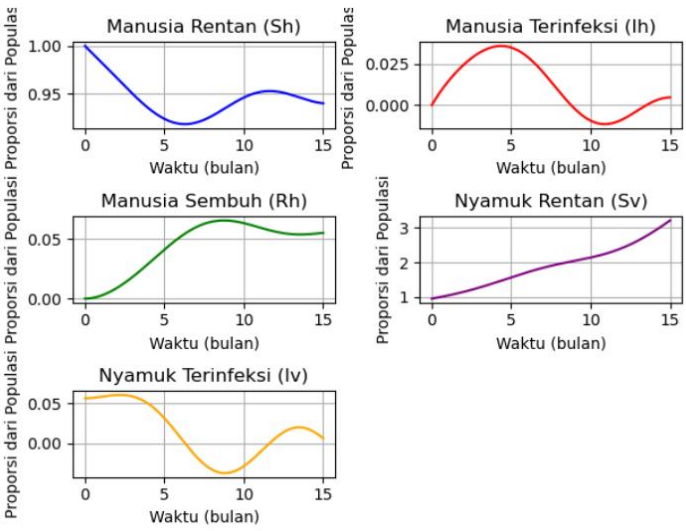
```
    # Plot Manusia Rentan (Sh)
    plt.subplot(3, 2, 1)
    plt.plot(t_values, Sh_values, label="Manusia Rentan (Sh)", color='blue')
    plt.xlabel("Waktu (bulan)")
    plt.ylabel("Proporsi dari Populasi")
    plt.title("Manusia Rentan (Sh)")
    plt.grid(True)
```


© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

```
        # Plot Manusia Terinfeksi (Ih)
        plt.subplot(3, 2, 2)
        plt.plot(t_values, Ih_values, label="Manusia Terinfeksi (Ih)", color='red')
        plt.xlabel("Waktu (bulan)")
        plt.ylabel("Proporsi dari Populasi")
        plt.title("Manusia Terinfeksi (Ih)")
        plt.grid(True)
        # Plot Manusia Sembuh (Rh)
        plt.subplot(3, 2, 3)
        plt.plot(t_values, Rh_values, label="Manusia Sembuh (Rh)", color='green')
        plt.xlabel("Waktu (bulan)")
        plt.ylabel("Proporsi dari Populasi")
        plt.title("Manusia Sembuh (Rh)")
        plt.grid(True)
        # Plot Nyamuk Rentan (Sv)
        plt.subplot(3, 2, 4)
        plt.plot(t_values, Sv_values, label="Nyamuk Rentan (Sv)", color='purple')
        plt.xlabel("Waktu (bulan)")
        plt.ylabel("Proporsi dari Populasi")
        plt.title("Nyamuk Rentan (Sv)")
        plt.grid(True)
        # Plot Nyamuk Terinfeksi (Iv)
        plt.subplot(3, 2, 5)
        plt.plot(t_values, Iv_values, label="Nyamuk Terinfeksi (Iv)", color='orange')
        plt.xlabel("Waktu (bulan)")
        plt.ylabel("Proporsi dari Populasi")
        plt.title("Nyamuk Terinfeksi (Iv)")
        plt.grid(True)

        plt.tight_layout()
plt.show()
```

Dari koding di atas, diperoleh grafik dari tiap variabel. Pada gambar ditunjukkan judul dan legend seperti gambar 3.



Gambar 3. Visualisasi dari hasil solusi model matematika SIR untuk tiap variabel dalam interval waktu $0 \leq t \leq 15$.

Dari gambar 3 dapat dilihat tentang dinamika penyebaran penyakit demam dengue untuk jumlah orang yang terinfeksi selama 15 bulan turun antara 5 sampai 10 sedangkan yang sembuh naik di 0-9 walaupun di 10 turun secara perlahan.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

KESIMPULAN

Pada artikel ini, sistem persamaan diferensial nonlinier dalam bentuk model matematika SIR untuk kasus penyakit demam dengue telah di selesaikan metode RK3RA dengan membangun algoritma dari metode tersebut menggunakan Python. Model SIR terdiri dari lima variabel dengan syarat awal $S_h(0) = \frac{7675406}{7675893}, I_h(0) = \frac{48776}{75893}, R_h(0) = \frac{450}{7675893}, S_v(0) = \frac{9564}{10000}$, dan $I_v(0) = 560/10000$, parameter $\mu N_h = 7675893, N_v = 10000, \mu_h = 0.000046, \mu_v = 0.0323, b\,\beta_h = 0.75, \beta_v b = 0.375, \gamma_h = 0.328833$, dan $\theta_h = 1/730$, untuk interval waktu $0 \leq t \leq 15$ dan ukuran langkah $h = 0.001$. telah diinput ke dalam syntax Python. Dari hasil simulasi, gambar grafik model SIR menunjukkan hasil yang relevan dengan kenyataannya. Dengan demikian, syntax Python berhasil dibangun berbasis metode RK3RA untuk menunjukkan solusi model SIR kasus demam dengue mudah diselesaikan. Dengan begitu, solusi dari model matematika lima variabel yang lebih kompleks dapat diselesaikan dengan mudah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih yang tulus ditujukan kepada para tim dan semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, masukan, serta kontribusi dalam berbagai bentuk, sehingga artikel ini dapat diselesaikan dengan baik. Setiap bantuan yang diberikan sangat berarti dan tidak akan terlupakan.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, R.R., Yaacob, N. (2013), Arithmetic-mean Runge-Kutta Method and Method of Lines for Solving Mildly Stiff Differential Equations, Menemui Matematik (Discovering Mathematics), 35 (2) 21 – 29

Al Aziim, S.A. dan Arif, D.K., (2022) Kontrol Optimal Penyebaran Penyakit Demam Berdarah dengan Pengaruh Penyemprotan Insektisida dan Pengobatan, Jurnal Sains Dan Seni ITS, 11(2), 1-12

Baihaqi, M. A., Al-Kubro, P. B., Andyani, R. A., Setyawati, Y., Rahayu, U. B., & Fitriyya, M. (2024). Pola Penyebaran Penyakit Demam Berdarah dengan Model SIR di Madiun Tahun 2020-2022. Jurnal Keilmuan dan Keislaman, 1-9.

Bano, E. N., Sianturi, P., & Jaharuddin. (2017). Model Matematika Penyebaran Penyakit Demam Berdarah Dengue Tipe Seir Infeksi Ganda. JMA, 28-44.

Castro, S. G. P., Jansen, E. L. (2020) Displacement-based formulation of Koiter's method: application to multi-modal post-buckling finite element analysis of plates, Thin-Walled Structures, 159, 107217, 1-25

Cooper, I., Mondal, A., & Antonopoulos, C. G. (2020). A SIR model assumption for the spread of COVID-19 in different communities. Chaos, Solitons and Fractals, 139

De Palma, B., Erba, M., Mantovani, L., &.Mosco, N., (2019), A Python program for the implementation of the-method for Monte Carlo simulations, Computer Physics Communications, 234 (1), pp.294-301

Dewantara, A., Febrian Umbara, R., & Kurniawan, I. (2017). Implementasi Metode Runge-Kutta-Gill pada Anaerobic Digestion Model No. 1 untuk Memodelkan Produksi Biogas. Indonesian Journal of Computing, 2(1), 1–6

Firmansyah, D., Yundari, & prihandono, B. (2024). Analisis Kestabilan dan Simulasi Menggunakan Python pada Model Matematika Penyebaran Penyakit Menular dengan Vaksinasi. Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster), 13(3), 369 – 378.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Gautama, P. W., Nova Anggarani, N. K., Dwipayana, M. E., & Swastika, P. V. (2022). Analisis Sensitivitas Pada Model Matematika Penyebaran Penyakit Demam Dengue dengan Laju Insidensi NonLinier. Jurnal Matematika, 127-143.

Hasan, O., Sentinuwo, S. R., & Sambul, A. M. (2017). Pemodelan dan Simulasi Penyebaran Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) dengan Menggunakan Model Cellular Automata. E-journal Teknik Informatika,, 1-7.

Kartono, Djuwandi, & Farikhin. (2014). Model Dinamika Penyebaran Dbd Dengan Menerapkan Tiga Strategi Pengendaliannya. Jurnal Matematika, 39-44.

Nisa, S., Irwan, & Syata, I. (2024). Model Matematika Penyebaran penyakit Demam Berdarah. Jurnal Matematika, Teknik dan Sains, 52-61.

Pangestu, Q., & Hartono. (2023). Analisis Kestabilan Titik Equilibrium dari Model Matematika Penyebaran Penyakit DBD di DIY. Jurnal Kajian dan Terapan Matematika, 86-96.

Rangkuti, Y.M, Side, S., Noorani, M.S.M. (2014) Numerical analytic solution of SIR model of dengue fever disease in south Sulawesi using homotopy perturbation method and variational iteration method, Journal of Mathematical and Fundamental Sciences, 46, (1), 91-105

Rangkuti, Y.M., Al Idrus, S.S, Tarigan, D.D. (2021), Pengantar Pemrograman Python, Media Sains Indonesia, Bandung

Romzi1, Kurniawan. B., (2020). Pembelajaran Pemrograman Python Dengan Pendekatan Logika Algoritma . JTIM: Jurnal Teknik Informatika Mahakarya, 37- 44.

Sabaria, Jufra, Sani, A., & Arman. (2024). Model Matematika Penyebaran Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD). Jurnal Nasional Hasil Penelitian Bidang Multidisiplin, 56-68.

Sabran, L. O., & Jannah, M. (2020). Model Matematika Seirs-Sei Pada Penyebaran Penyakit Demam Berdarah Dengue Dengan Pengaruh Suhu. MAp Jurnal, 66-78

Side, S., Alimuddin, & Bani, A. (2018). Modifikasi Model SIR pada Penyebaran Penyakit Demam Berdarah. Journal of Mathematics, Computations, and Statistics, 169-182.

Side, S., Rangkuti, Y.M., Pane, D.G., Sinaga, M.S., (2018) Stability Analysis Susceptible, Exposed, Infected, Recovered (SEIR) Model for Spread Model for Spread of Dengue Fever in Medan, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 954, 012018

Side, S., Zaki, A. & Sari, N., (2018), Analisis Model Matematika Penyebaran Demam Berdarah Dengue dengan Fungsi Lyapunov, Journal of Mathematics, Computations, and Statistics, 1(2), 125 – 141.

Sutopo, M. J., & Arif, D. K. (2022). Estimasi Model Penyebaran Penyakit Demam Berdarah dengan Menggunakan Metode Ensemble Kalman Filter. Jurnal Sains dan Seni Its, A19-A24.

Syahrudin, A.N, Kurniawan. T. , (2018). Input Dan Output Pada Bahasa Pemrograman Python. Jurnal Dasar Pemrograman Python STMIK, 1-7

Windawati, S., Shodiqin, A., & Aini, A. N. (2020). Model Matematika Penyebaran Penyakit Demam Berdarah Dengan Pengaruh Fogging. Journal of Mathematics and Mathematics Education, 1-16.

Yoda, Y., Ouedraogo, H., Ouedraogo D., Guiro, A., (2024), Mathematical analysis and optimal control of Dengue fever epidemic model, Advances in Continuous and Discrete Models, 2024:11, 1-33

Zhu, M., McKenna, F., Scott, M.H., (2018), OpenSeesPy: Python library for the OpenSees finite element framework, SoftwareX 7 (2018) 6–11

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Upaya Meningkatkan Kemampuan Representasi Matematis Peserta Didik Kelas VII Menggunakan Model Pembelajaran Kontekstual

Indri Sri Handari[1*], Pardomuan Sitompul[2]
[1,2] *Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:indrisrihandari@unimed.ac.id*

Abstrak, penelitian ini memiliki tiga tujuan : (1) untuk mengetahui apakah model pengajaran kontekstual efektif dalam mengoptimalkan keterampilan representasi matematis siswa kelas VII-2, (2) untuk mengetahui peningkatan kemampuan tersebut setelah penerapan model pengajaran kontekstual, dan (3) untuk mengetahui tindakan pada saat mengoptimalkan efektivitas kompetensi representasi matematis siswa kelas VII-2. Tiga puluh siswa kelas VII-2 dari Sekolah Menengah Pertama Swasta Panca Budi Medan berpartisipasi dalam penelitian tindakan kelas (PTK). Dokumentasi, tes, dan observasi digunakan untuk mendapatkan data. Hasilnya sebagai berikut: (1) Efektivitas paradigma pengajaran kontekstual dalam mengoptimalkan kecakapan representasi matematis siswa telah berhasil diraih. Di sisi lain, pada Siklus II, skor siswa meningkat dari 2,20 (golongan kurang) menjadi 3,07 (baik). Demikian juga dengan tingkat aktivitas guru yang meningkat dari 3,21 (kategori baik) menjadi 2,25 (kategori kurang). (2) Dari hasil tes awal 42,43, representasi matematis meningkat menjadi 65,26 pada Tahap I dan 83,98 pada Fase II. Pada Tahap II, pertumbuhan N-Gain naik dari 0,39 (sedang) pada menjadi 0,53 (sedang). (3) Tahapan penyusunan rencana, pelaksanaan, observasi, pengolahan data, dan refleksi terdiri dari dua siklus proses perbaikan. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran kontekstual dapat meningkatkan kemampuan representasi matematis siswa SMP Swasta Panca Budi kelas VII-2 di Medan
Kata kunci: Kemampuan Representasi Matematis, CTL, Evektivitas

Abstract, *this study has three objectives: (1) to ascertain whether the contextual instruction model is effective in enhancing the mathematical representation skills of seventh-grade students, (2) to examine the enhancement of these skills subsequent to the application of the contextual instruction model, and (3) to outline the actions taken to enhance the mathematical representation skills of seventh-grade students. Thirty seventh- and second-grade pupils from Medan's Panca Budi Private Secondary School participated in a classroom action research (CAR). Documentation, testing, and observation were used to get the data. The outcome is: (1) The effectiveness of the contextual instruction paradigm in enhancing students' mathematical representation skills has been demonstrated. On the other hand, in Cycle II, the pupils' score rose from 2.20 (poor category) to 3.07 (good category). Likewise, the activity level of the teachers rose from 3.21 (good) to 2.25 (poor). (2) From the initial test result of 42.43, mathematical representation improved Up to 65.26 in Stages and up to 83.98 in Stages II. In Cycle II, N-Gain growth dropped from 0.39 (moderate) to 0.53 (moderate). (3) The phases of planning, execution, observation, data analysis, and reflection comprise the two cycles of the improvement process. The study's findings demonstrate that the contextual learning approach can enhance the mathematical representation abilities of SMP Panca Budi Medan grades VII–2***.**
Keywords*: Mathematical Representation Ability, CTL, Enhancement*

Citation : Handari, I. S. & Sitompul, P. (2024). Upaya Meningkatkan Kemampuan Representasi Matematis Peserta Didik Kelas VII Menggunakan Model Pembelajaran Kontekstual. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 313 – 420.

PENDAHULUAN

Mengingat banyaknya tugas dan masalah yang membutuhkan penggunaan matematika, seperti menghitung jumlah, matematika adalah ilmu yang memiliki signifikansi tinggi dalam rutinitas sehari-

hari. Selain itu, orang dapat mengembangkan proses berpikir yang logis dan percaya diri melalui matematika (Mawardi et al., 2022: 1032). Belajar matematika memiliki beberapa keuntungan, seperti menumbuhkan kemampuan berpikir analitis dan kritis, mendorong pemikiran sistem, dan memiliki aplikasi dalam situasi dunia nyata (Fatima et al., 2024: 808). Oleh karena itu, penting untuk mengatur pengajaran matematika secara tepat di lembaga pendidikan agar siswa dapat memaksimalkan hasil belajar mereka dan mewujudkan potensi penuh mereka. Di berbagai tingkat pendidikan, matematika juga diperlukan untuk memberikan dasar yang kuat bagi siswa dalam disiplin ilmu tersebut.

Namun, pada kenyataannya, siswa sering menghadapi berbagai kendala dalam belajar matematika. Salah satu masalah utamanya adalah metode pengajaran yang tidak efektif. Banyak guru yang masih mengandalkan pendekatan pengajaran klasikal, di mana guru memberikan pengetahuan secara produktif dan siswa diharuskan menghafal rumus atau langkah-langkah tanpa mempelajari prinsip-prinsip dasarnya (Wiryana & Alim, 2023: 271). Siswa cenderung pasif dan hanya mengikuti instruksi guru karena gaya mengajar seperti ini terkesan hambar dan menghambat interaksi siswa. Oleh karena itu, siswa tidak dapat menyelidiki konsep matematika, berpartisipasi dalam percakapan, atau mengasah kemampuan analisis mereka, yang menghambat pemahaman dan pengembangan kemampuan representasi matematika mereka. Kurangnya minat siswa juga merupakan masalah lain dalam pengajaran matematika. Matematika adalah mata pelajaran yang menantang dan membosankan bagi banyak anak. Para murid mengalami kendala dalam memahami relasi matematika dengan hobi atau kehidupan praktis. Sukasno (2012: 2) menegaskan bahwa kurangnya minat dan gairah siswa terhadap matematika merupakan salah satu masalah utama dalam pembelajaran matematika. Siswa yang kurang antusias pada akhirnya akan kehilangan semangat untuk belajar, yang mungkin membuat mereka lebih sulit untuk memahami konsep dan mengembangkan kompetensi mereka.

Pembelajaran matematika memiliki tujuan utama untuk mengembangkan berbagai kompetensi matematis siswa. Salah satu kompetensi yang perlu ditingkatkan adalah kemampuan representasi matematis, yang merupakan keterampilan esensial yang perlu dimiliki oleh siswa sekolah menengah. Rekomendasi dari Dewan Guru Nasional menyoroti pentingnya kemampuan ini. Menurut NCTM (2020: 7), kurikulum di lembaga pendidikan memastikan bahwa kurikulum tersebut dapat mendukung kemampuan siswa dalam: (1) memilih, menerapkan, dan menginterpretasikan representasi matematika untuk memecahkan masalah; (2) menyiapkan dan menggunakan representasi untuk mencatat, mengorganisir, dan mengomunikasikan ide-ide matematika; dan (3) menggunakan representasi untuk memodelkan dan menginterpretasikan fenomena matematika, sosial, dan fisik. (Oleh karena itu, kemampuan representasi matematis sangat penting untuk mengembangkan kemahiran matematika siswa serta untuk menyampaikan konsep, mengevaluasi pemahaman.

Kapasitas untuk menggambarkan pengetahuan matematika menggunakan berbagai media, termasuk gambar, tabel, grafik, simbol, diagram, persamaan, dan teks, dikenal sebagai kemampuan representasi matematis. Kompetensi ini terdiri dari kemampuan untuk mengartikulasikan konsep-konsep matematika, termasuk masalah, pernyataan, dan definisi, dengan berbagai cara (Nabila et al., 2024: 239). Terkait dengan pembelajaran matematika, siswa dianggap telah menguasai kompetensi representasi matematis jika mampu mengekspresikan ide-ide matematika, baik berupa masalah, pernyataan, solusi atau definisi, dalam bentuk visual, notasi matematika maupun dalam bentuk tulisan yang merefleksikan ide mereka sendiri. Menurut NCTM (2000), proses representasi melibatkan transformasi suatu masalah atau ide ke dalam bentuk yang baru. Dengan demikian, representasi matematis berfungsi sebagai alat untuk meningkatkan pemahaman konsep dan prinsip matematika

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

serta untuk menyederhanakan dan mengkomunikasikan pemecahan masalah. Representasi matematis memiliki tiga bentuk utama: representasi visual, representasi simbolik, dan representasi verbal. Representasi visual digunakan untuk menggambarkan masalah secara visual dan memfasilitasi pemecahan masalah, representasi simbolik terkait dengan pemodelan matematika dan digunakan untuk memecahkan masalah yang melibatkan persamaan atau ekspresi matematika, dan representasi verbal digunakan untuk mengekspresikan ide-ide matematika, menyusun langkah-langkah pemecahan masalah, dan menulis.

Fadilla dan Wandini (2023: 949) berpendapat bahwa representasi sangat krusial dalam studi matematika. Melalui pembuatan, perbandingan, dan penerapan dari berbagai jenis representasi, siswa mampu meningkatkan pemahaman mereka tentang ide-ide matematika dan hubungan di antara mereka. Pentingnya representasi sangat besar dalam mendukung pemahaman konsep matematika dan hubungannya dengan konteks matematika lainnya. Selain memberikan manfaat bagi siswa, representasi juga memberikan manfaat tambahan bagi guru. Berikut ini adalah beberapa manfaat yang diperoleh guru dan siswa dari pembelajaran dengan representasi matematis: (a) Pembelajaran dengan representasi dapat meningkatkan kompetensi pedagogis guru melalui dua jalur utama. Pertama, guru dapat belajar dari representasi yang disajikan siswa. Representasi siswa seringkali berbeda atau unik dari pemahaman guru, sehingga dapat membuka guru terhadap cara-cara baru dalam memahami konsep matematika dan cara-cara untuk mengajarkannya. Kedua, representasi siswa memungkinkan guru untuk mengakses dan memahami bagaimana siswa berpikir dalam proses memahami matematika. Hal ini penting bagi guru dalam menyesuaikan strategi pembelajaran dan memberikan dukungan yang tepat kepada siswa; (b) Siswa dapat memperoleh keuntungan seperti pemahaman yang lebih baik dan kemampuan untuk menggunakan representasi matematika sebagai alat untuk memecahkan masalah ketika matematika didekati dari perspektif yang berfokus pada representasi.

Berdasarkan penjelasan tersebut, kompetensi yang paling sentral dalam pengajaran ilmu matematika adalah keahlian merepresentasikan ide-ide matematika. Namun, bukti menunjukkan bahwa kemampuan siswa SMP dalam merepresentasikan ide-ide matematika masih cukup rendah. Sebanyak 30 siswa kelas VII-2 di lembaga pendidikan swasta Panca Budi Medan mengikuti tes diagnostik ketika tahun ajaran 2023-2024, dan hasilnya telah dirilis. Persentase rata-rata representasi verbal adalah 31,67% (kategori sangat rendah), representasi simbolik 38,33% (kategori sangat rendah), dan representasi visual 57,92% (kategori sedang), menurut statistik. Rata-rata tingkat representasi matematis ketiganya termasuk dalam kelompok sangat rendah, dan dapat disimpulkan bahwa kemampuan ini memberikan hasil sebesar 42,43%.

Strategi pengajaran yang tidak efektif dapat menjadi alasan buruknya kemampuan representasi matematis siswa; selain itu, sikap pasif siswa selama proses belajar mengajar juga menghambat pertumbuhan kecakapan representasi mereka. Satu dari hal tersebut yang berakibat murid hampir tidak pernah berpartisipasi aktif dalam pemecahan masalah (Darozatun et al., 2021: 106). Selain itu, penelitian mengungkapkan bahwa buku teks terus memainkan peran penting dalam pengajaran matematika, dan guru sering menggunakan metode terstruktur seperti memperkenalkan mata pelajaran, memberikan contoh soal, mendorong siswa untuk menyelesaikan latihan dalam buku teks, dan mendiskusikan hasilnya (Jaswandi dan Kartiani, 2021: 82). Observasi yang dilakukan di SMP Swasta Panca Budi Medan menunjukkan bahwa rendahnya kecakapan representasi matematis siswa dalam merepresentasikan informasi juga dipengaruhi oleh model pengajaran yang masih mengutamakan pendidik sebagai rujukan informasi. Guru cenderung menjelaskan materi dan konsep secara langsung dan memberikan contoh-contoh yang relevan, sementara siswa jarang berpartisipasi

aktif dalam membangun pemahaman konseptual. Akibatnya, siswa lebih banyak menerima informasi secara pasif sehingga membatasi kemampuan mereka untuk memahami sendiri.

Berdasarkan penjabaran di atas, maka diperlukan langkah solutif untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah dengan menggunakan model pembelajaran yang tidak hanya mengandalkan guru sebagai sumber ilmu pengetahuan di lingkungan kelas. Pembelajaran akan lebih berpengaruh apabila siswa merasakan secara nyata dan menyerap materi yang diajarkan, proses pembelajaran ini menuntut siswa untuk tidak sekadar menerima informasi dari guru, tetapi juga aktif berkontribusi secara mandiri membentuk pemahaman, dan melakukan eksplorasi untuk menemukan konsep baru sehingga pemahaman yang terbentuk tidak hanya bersifat mekanis. Satu diantara teknik pembelajaran yang relevan dengan prinsip tersebut dan mengoptimalkan kemampuan matematika siswa adalah model pembelajaran kontekstual.

Model pembelajaran kontekstual mendorong siswa membuat hubungan antara apa yang mereka pelajari dan bagaimana mereka menggunakannya dalam kehidupan sehari-hari sebagai anggota kelompok keluarga dan sebagai pemilik rumah, serta membantu guru dalam mengaitkan materi pembelajaran dengan konteks kehidupan nyata siswa (Furqon et al., 2024: 102). Untuk memenuhi target pembelajaran yang diharapkan, metoda ini mendorong pendidik untuk merancang kerangka kerja pengajaran yang menggabungkan berbagai kegiatan pembelajaran dari dimensi sosial, budaya, fisik, dan logika. Melalui lingkungan belajar yang diberikan, siswa harus dapat menemukan signifikansi yang lebih dalam antara konsep abstrak dan keadaan kehidupan nyata (Seri, 2019: 15). Model pembelajaran kontekstual mencakup tujuh pilar utama, yaitu konstruktivisme, eksplorasi, bertanya, komunitas belajar, pemodelan, refleksi, dan penilaian autentik.

Dalam strategi CTL, peran pendidik memfasilitasi peserta didik dalam memperoleh pengetahuan dan keterampilan baru melalui proses pembelajaran mandiri, tidak hanya bergantung pada instruksi dari guru. Mereka secara aktif mengalami dan merekonstruksi konsep-konsep yang dipelajari melalui eksplorasi langsung. Selain itu, siswa diberikan jangka waktu untuk belajar dari konteks realitas, sementara guru sebagai pendamping belajar yang memastikan proses pembelajaran berjalan efektif dan sesuai dengan kompetensi yang ditargetkan. Melalui pengalaman langsung dalam situasi realita, siswa diharapkan mampu membangun pemahaman yang selaras dengan kompetensi yang dipelajari. Dengan model ini, peserta didik diharapkan menjadi lebih produktif dan inovatif selama pembelajaran berlangsung.

Berasaskan eksplanasi tersebut, tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi teknik pengajaran CTL efektif dalam meningkatkan kemampuan representasi matematis siswa kelas VII, menguji sejauh mana kemampuan representasi matematis siswa meningkat setelah penerapan model pembelajaran kontekstual, dan menguraikan metode yang digunakan untuk meningkatkan kemampuan representasi matematis siswa.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah Penelitian Tindakan Kelas dengan menerapkan desain penelitian yang diusulkan oleh Kemmis dan Mc.Taggart. Penelitian ini dilaksanakan pada semester ganjil Tahun Ajaran 2024/2025, yaitu pada bulan Agustus. Penelitian ini melibatkan 30 siswa kelas VII-2 di lembaga pendidikan menengah pertama swasta Panca Budi Medan sebagai subjek penelitian. Fokus objek penelitiannya adalah upaya memajukan kompetensi representasi matematis melalui impelementasi pembelajaran kontekstual pada peserta didik di kelas

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

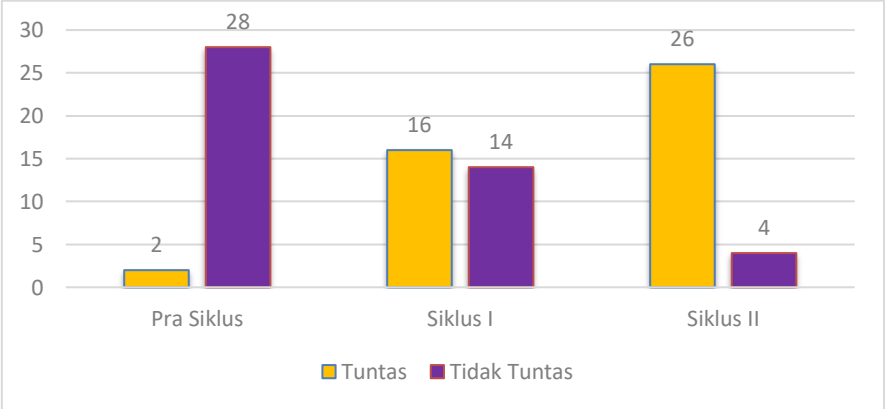
tersebut. Teknik pengumpulan data menggunakan tes, observasi, dan dokumentasi. Data dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif dan disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada siklus pertama dan kedua, dimana satu siklus dilakukan selama tiga kali pertemuan, diperoleh bukti bahwa model pembelajaran kontekstual mampu meningkatkan kemampuan representasi matematis siswa. Hal ini dibuktikan dari hasil observasi aktivitas siswa dan observasi guru (peneliti). Hasil observasi aktivitas siswa pada saat model pembelajaran kontekstual diperoleh skor rata-rata pada siklus I sebesar 2,20 dengan kategori "kurang" dan skor rata-rata pada siklus II sebesar 3,07 dengan kategori "baik". Dalam hal ini, hasil observasi aktivitas siswa mengalami kenaikan menjadi tingkat "baik" ketika diterapkan model pembelajaran kontekstual.

Kemudian pada hasil observasi guru (peneliti) dalam menerapkan model pembelajaran kontekstual ketika proses pembelajaran berlangsung terungkap bahwa hasil observasi kinerja pendidik ketika menerapkan model pembelajaran kontekstual diperoleh skor rata-rata pada siklus I sebesar 2,25 dengan kategori "kurang" dan skor rata-rata pada siklus II sebesar 3,21 dengan kategori "baik". Dalam hal ini, hasil observasi kinerja guru (peneliti) meningkat dari kategori kurang menjadi kategori baik ketika guru (peneliti) menerapkan model pembelajaran kontekstual.

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa kemampuan representasi matematis siswa meningkat setelah menerapkan model pembelajaran kontekstual di kelas VII-2. Nilai rata-rata siswa meningkat dari 42,43 menjadi 65,26 pada tes siklus pertama. Kemudian nilai rata-rata siswa juga mengalami peningkatan sebesar 83,98 pada tes siklus. Data ini, terjadi peningkatan keberhasilan belajar secara klasikal setelah diterapkannya model pembelajaran kontekstual pada tes kemampuan awal sebanyak 2 siswa menjadi 16 siswa pada tes siklus pertama. Kemudian, ketuntasan belajar siswa secara klasikal juga mengalami peningkatan sebanyak 26 siswa pada tes siklus kedua. Pencapaian ketuntasan belajar siswa secara klasikal tercapai pada siklus kedua dimana ≥85% dari seluruh siswa di Kelas VII-2 memperoleh nilai ≥75. Hal ini dapat ditinjau pada grafik berikut.



Gambar 4. Keberhasilan Belajar Peserta Didik pada Setiap Tahap

Berdasarkan rerata tes kemampuan awal, tes fase I, dan tes tahap II yang telah dipaparkan pada Gambar 3, diperoleh peningkatan N-Gain pada tes siklus I besarannya 0,39 termasuk klasifikasi sedang menjadi sebesar 0,53 termasuk golongan sedang pada tes siklus II. Proses ketika menerapkan model pembelajaran kontekstual dalam dua tahapan, yaitu Tahap Pertama dan Fase Kedua. Untuk mengembangkan perbaikan dalam satu siklus penuh, peneliti melakukan langkah-langkah berikut:

penyusunan rencana, pelaksanaan, observasi, pengolahan data, dan refleksi. Fase I yang dilaksanakan dengan mempergunakan model pembelajaran kontekstual dengan menggunakan media papan tulis interaktif, ditemukan bahwa pelaksanaan pembelajaran belum terlalu baik dimana aktivitas guru (peneliti) dan aktivitas siswa selama pembelajaran masih terdapat kelemahan. Kelemahan tersebut adalah guru (peneliti) belum sepenuhnya menerapkan model pembelajaran kontekstual secara tegas, sehingga siswa kurang tertarik untuk mengikuti kegiatan pembelajaran, pasif dalam memberikan jawaban, dan suasana kelas menjadi kurang kondusif. Selain itu, kemampuan representasi matematis siswa pada tes siklus I belum mencapai tingkat keberhasilan, dimana ≥85% dari seluruh siswa di kelas VII-2 belum mencapai nilai tuntas yaitu ≥75. Berdasarkan hal tersebut, peneliti melakukan refleksi terhadap pelaksanaan siklus pertama dan melanjutkan penelitian pada tahap selanjutnya yaitu siklus kedua.

Refleksi dari pelaksanaan pelatihan siklus pertama digunakan sebagai dasar untuk mempersiapkan proses pembelajaran dengan menerapkan model pembelajaran kontekstual pada siklus kedua. Pada pelatihan siklus pertama, awalnya peneliti menggunakan media papan tulis interaktif untuk menerapkan model pembelajaran kontekstual. Namun, setelah peneliti melakukan refleksi, ditemukan bahwa para siswa kurang tertarik, pasif dalam proses pembelajaran dan kurang cenderung menggunakan media papan tulis. Oleh karena itu, peneliti memutuskan untuk menambahkan media pembelajaran berbasis video pada pembelajaran Siklus II melalui aplikasi Plotagon Story. Penambahan video Plotagon Story dapat memberikan visualisasi yang menarik bagi siswa dan mengandung konsep-konsep yang kontekstual, sehingga diharapkan dengan menerapkan model pembelajaran kontekstual melalui aplikasi Plotagon Story, pengajar (peneliti) lebih memahami dan mengaplikasikan model pembelajaran kontekstual di dalam kelas serta siswa lebih fokus, tertarik mengikuti proses pembelajaran dan lebih aktif dalam proses pembelajaran dibandingkan dengan siklus sebelumnya. Hasil yang diperoleh pada pembelajaran Siklus II melalui penerapan model pembelajaran kontekstual, kemampuan representasi matematis siswa pada tes Fase II memperoleh kenaikan rerata sebanyak 83,98 dibandingkan dengan serata tes Fase I yaitu 65,26. Kemudian pada Siklus II, pembelajaran mencapai tingkat keberhasilan dimana ≥85% dari jumlah siswa yaitu 26 siswa telah mencapai nilai ≥75. Dilihat dari hasil tersebut, maka proses pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran kontekstual telah selesai dan tidak dilanjutkan pada siklus berikutnya karena telah mencapai tingkat keberhasilan yang ditetapkan.

Penelitian ini menemukan bahwa pembelajaran kontekstual mampu meningkatkan kemampuan representasi matematis siswa. Hal ini sejalan dengan penelitian Fatima dkk. (2024: 808) yang menemukan bahwa terdapat pengaruh positif penerapan model pembelajaran kontekstual terhadap kemampuan representasi matematis siswa. Siswa yang belajar melalui pembelajaran kontekstual menunjukkan peningkatan kemampuan representasi matematis. Menurut Rustam (2018: 7), rata-rata skor kemampuan representasi matematis siswa meningkat setelah menerapkan pendekatan pembelajaran kontekstual. Selain itu, peningkatan yang diperoleh dari pendekatan pengajaran kontekstual lebih signifikan dibandingkan dengan model pengajaran tradisional pada siswa kelas VIII SMP Negeri 2 Uluiwoi. Penggunaan video Plotagon Story dapat membantu siswa dalam memaksimalkan kecakapan representasi matematis. Selaras dengan pandangan Valentina dkk. (2021: 8), Plotagon Story dapat meningkatkan semangat belajar siswa, suasana belajar menjadi lebih menarik, lebih aktif, dan hal ini bermuara pada peningkatan kemampuan representasi matematis siswa. Berdasarkan hasil pelaksanaan Siklus I dan Siklus II dengan menggunakan model CTL

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

diperoleh simpulan bahwa kapabilitas representasi matematis para siswa di kelas VII-2 dua di Sekolah Menengah Pertama Swasta Panca Budi di Medan menunjukkan kemajuan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa model pembelajaran kontekstual dapat meningkatkan kemampuan representasi matematis siswa kelas VII-2. Penerapan model ini menunjukkan peningkatan skor observasi siswa dan guru, serta peningkatan nilai rata-rata siswa dari 42,43 pada tes awal menjadi 65,26 pada siklus I, dan 83,98 pada siklus II. Ketuntasan belajar klasikal tercapai pada siklus II dengan ≥85% siswa memperoleh nilai ≥75. N-Gain meningkat dari 0,39 (sedang) pada siklus I menjadi 0,53 (tinggi) pada siklus II. Penambahan media pembelajaran Plotagon Story pada siklus II membantu meningkatkan fokus, minat, dan keaktifan siswa, yang berdampak positif pada kemampuan representasi matematis mereka. Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar guru dan sekolah mempertimbangkan model pembelajaran kontekstual, siswa lebih aktif dalam pembelajaran, serta penelitian ini dapat menjadi referensi bagi penelitian serupa di masa depan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga artikel ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga berterima kasih kepada orang tua atas doa dan dukungan yang diberikan dalam segala situasi. Ucapan terima kasih disampaikan kepada dosen pembimbing serta dosen penguji yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan berharga dalam penyusunan artikel ini. Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih memiliki kekurangan, sehingga dengan rendah hati menerima saran dan kritik yang membangun. Semoga tulisan ini bermanfaat bagi penulis, pembaca, dan peneliti lain yang tertarik dengan penelitian serupa.

DAFTAR PUSTAKA

Darozatun, D., Zakiah, N. E., & Nuraida, I. (2021). Meningkatkan kemampuan representasi matematis peserta didik menggunakan model pembelajaran connecting, organizing, reflecting, extending (CORE). *J-KIP (Jurnal Keguruan dan Ilmu Pendidikan)*, 2(1), 105-114. http://dx.doi.org/10.25157/j-kip.v2i1.4735

Dirmansyah, M. E. (2024). Analisis Representasi Matematis Siswa Dalam Menyelesaikan Soal Matematika Di SMP Negeri 3 Kadipaten. *Jurnal THEOREMS (The Original Research of Mathematics)*, *8*(2), 241-252. https://doi.org/10.31949/th.v8i2.7401

Fadilla, S., & Wandini, R. R. (2023). Kemampuan Representasi Matematika dalam Pembelajaran Matematika. *TSAQOFAH*, *4*(2), 948-957. https://doi.org/10.58578/tsaqofah.v4i2.2432

Fatimah, Y., & Mashuri, M. (2024, February). Systematic Literature Review: Kemampuan Representasi Matematis Pada Pembelajaran Contextual Teaching and Learning. In *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika* (pp. 808-813). Semarang, Indonesia: Jurusan Matematika, Universitas Negeri Semarang

Furqon, H. B., Sirait, L. T., Sundari, S., & Dalimunthe, S. F. (2024). ANALISIS MODEL PEMBELAJARAN KONTEKSTUAL MATERI SPLDV DI SMP SWASTA IMELDA. *Jurnal Sindoro: Cendikia Pendidikan*, 4(7), 101-110. https://doi.org/10.9644/sindoro.v4i7.3459

Jaswandi, L., & Kartiani, B. S. (2021). Pembelajaran matematika dengan metode penemuan terbimbing untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik sekolah dasar. *Transformasi: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan Non Formal*

Informal, *7*(2), 81-86. https://doi.org/10.33394/jtni.v7i2.4888

Mawardi, K., Arjudin, A., Turmuzi, M., & Azmi, S. (2022). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika pada Peserta didik SMP dalam Menyelesaikan Soal Cerita Ditinjau dari Tahapan Polya. *Griya Journal of Mathematics Education and Application*, 2(4), 1031–1048. https://doi.org/10.29303/griya.v2i4.260

Nabila, S.L., Armiati., Muhkni. (2024). ANALISIS KEMAMPUAN MATEMATIS: REPRESENTASI MATEMATIS PESERTA DIDIK KELAS XI SMA PERTIWI 2 PADANG. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, *7*(6), 238-245.

NCTM. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston: NCTM.

NCTM. (2020). *Standards for the Preparation of Middle Level Mathematics Teachers*. Reston: The National Council of Teachers of Mathematics.

Rustam, A., & Sardin, S. (2018). PENINGKATAN KEMAMPUAN REPRESENTASI MATEMATIS MELALUI PEMBELAJARAN KONTEKSTUAL SISWA KELAS VIII SMP. *Buana Matematika : Jurnal Ilmiah Matematika Dan Pendidikan Matematika*, *8*(1), 9–16. https://doi.org/10.36456/buanamatematika.v8i1:.1517

Seri, E. (2019). Penerapan strategi pembelajaran contextual teaching and learning untuk peningkatkan hasil belajar siswa pada materi virus di kelas X Mia1 SMA Negeri 1 bubon aceh barat. *BIOnatural*, *6*(2), 318984.

Sukasno. (2012). Problematika Pembelajaran Matematika di SD. *Journal Of Mathematics Science And Education*, 5(1), 107-114.

Valentina, N. P. D., & Sujana, I. W. (2021). Video Pembelajaran Animasi Berbasis Role Playing Tema Profesi pada Anak Usia Dini. *Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini Undiksha*, *9*(2), 231–242. https://doi.org/10.23887/paud.v9i2.35640

Wiryana, R., & Alim, J. A. (2023). Permasalahan Pembelajaran Matematika Di Sekolah Dasar. *Jurnal Kiprah Pendidikan*, 2(3), 271–277. https://doi.org/10.33578/kpd.v2i3.187

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Simulasi Monte Carlo dalam Memprediksi Distribusi Kursi DPR RI Jawa Tengah dengan Metode Sainte-Lague

Dewan Serui Iriantini[1*] & Sutanto[2]
[1,2]Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sebelas Maret, Indonesia
**Coresponding Author:dewanseruii@student.uns.ac.id*

Abstrak, *pemilu legislatif merupakan langkah penting dalam sistem demokrasi yang menentukan alokasi kursi parlemen bagi masing-masing partai politik yang berpartisipasi. Salah satu metode yang umum digunakan untuk menghitung alokasi kursi adalah metode Sainte-Lague yang diterapkan untuk mengalokasikan kursi secara proporsional berdasarkan perolehan suara. Perhitungan alokasi kursi akan lebih maksimal apabila diterapkan algoritma iterasi metode Sainte-Lague dengan membagi bilangan ganjil secara berurutan (1, 3, 5, dst.). Metode Sainte-Lague memberi peluang yang lebih adil bagi partai kecil dalam pengalokasian kursi dan memperhitungkan secara akurat perolehan suara sehingga kepentingan masyarakat yang beragam dapat tercermin dalam lembaga legislatif. Namun, kompleksitas perhitungan dan berbagai hasil dapat muncul dari berbagai situasi perolehan suara. Untuk mengadapi situasi probabilitik seperti ini, simulasi Monte Carlo penting digunakan dalam memprediksi perolehan suara. Simulasi Monte Carlo memiliki kemampuan untuk menganalisis beberapa kemungkinan ketidakpastian yang terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan algoritma perhitungan kursi dengan metode Sainte-Lague dan menerapkan simulasi Monte Carlo dalam memprediksi distribusi kursi berdasarkan perolehan suara. Hasil simulasi dari penelitian ini diperoleh rata-rata tingkat akurasi sebesar 82.16% yang sesuai dengan hasil perhitungan resmi oleh Komisi Pemilihan Umum (KPU) yang berarti metode Monte Carlo layak digunakan untuk memprediksi distribusi kursi DPR RI Jawa Tengah untuk pemilu yang akan datang.*
Kata kunci: *Alokasi Kursi; Monte Carlo; Pemilu; Perolehan Suara; Sainte-Lague*

Abstract*, legislative elections are a crucial step in democratic systems, determining the allocation of parliamentary seats among participating political parties. One common method used to calculate seat allocation is the Sainte-Lague method, which allocates seats proportionally based on the vote count. An iterative algorithm using the Sainte-Lague method optimizes the seat allocation calculation by successively dividing by odd numbers (1, 3, 5, etc.). The Sainte-Laguë method provides fairer opportunities for smaller parties in seat allocation and accurately accounts for vote count, allowing the diverse interests of the public to be reflected in the legislative. However, the complexity of these calculations and varying outcomes from different voting scenarios can introduce uncertainty. To address probabilistic situations like this, Monte Carlo simulations are vital for predicting vote count. Monte Carlo simulation effectively analyzes various uncertainties that may arise. This research aims to develop an algorithm for seat allocation using the Sainte-Laguë method and apply Monte Carlo simulations to predict seat distribution based on vote counts. The simulation results show an accuracy of 82.16%, matching the official KPU calculation, indicating that the Monte Carlo method is suitable for predicting the Central Java DPR RI seat distribution in the upcoming election.*
Keywords*: Seat Allocation, Monte Carlo, Election, Vote Counts, Sainte-Lague*

Citation : Iriantini, D. S. & Sutanto. (2024). Simulasi Monte Carlo dalam Memprediksi Distribusi Kursi DPR RI Jawa Tengah dengan Metode Sainte-Lague. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 421 – 430

PENDAHULUAN

Pemilu merupakan peroses demokratis yang digunakan oleh warga negara untuk memilih wakil mereka di pemerintahan. Melalui pemilu, rakyat Indonesia diharapkan dapat berperan langsung dalam

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

menentukan arah kebijakan serta kepemimpinan negara. Alokasi kursi dalam pemilihan umum legislatif merupakan langkah penting dalam menentukan representasi politik yang lebih proporsional dalam parlemen. Hasil alokasi kursi dalam pemilu akan menentukan komposisi parlemen, yang mempengaruhi pembentukan kebijakan dan keseimbangan kekuatan politik. Proporsionalitas antara suara dan kursi yang diterima oleh masing-masing partai akan dipengaruhi oleh pemilihan metode konversi suara (Gallagher, 1991). Salah satu tahapan penting sebelum suara dapat dikonversi menjadi kursi parlemen adalah penerapan ambang batas parlemen (*parliamentary threshold*). Ambang batas ini bertujuan untuk meningkatkan stabilitas pemerintahan dengan mengurangi fragmentasi partai politik diparlemen. Menurut (Marijan, 2019) sistem ini berfungsi sebagai filter awal yang menentukan partai mana yang akan melanjutkan ke tahap konversi suara, di mana hanya partai yang memiliki jumlah suara minimal secara nasional yang dapat berpartisipasi dalam proses konversi suara. Dengan menetapkan ambang batas, partai-partai dengan perolehan suara yang sangat kecil tidak masuk dalam proses konversi suara, sehingga alokasi kursi menjadi lebih fokus pada partai-partai dengan dukungan yang signifikan dari pemilih. Di Indonesia sendiri, metode konversi suara yang digunakan telah mengalami perubahan, mulai dengan metode kuota Hare, divisor d'Hondt, dan akhirnya metode Sainte-Lague yang digunakan pada pemilu 2019 (Muhazir, 2022).

Metode Sainte-Lague pertama kali diperkenalkan oleh seorang matematikawan Prancis bernama Andre Sainte-Lague pada tahun 1910 sebagai alternatif dari metode D'Hondt (Gallagher, 1991). Metode konversi suara ini sangat mempengaruhi hasil distribusi kursi parlemen. Di Indonesia, sejak diberlakukannya metode Sainte-Lague pada Pemilu 2019 yang menggantikan metode kuota Hare, terjadi perubahan pola distribusi kursi yang sangat memepengaruhi representasi partai politik di parlemen. Metode Sainte-Lague telah menghasilkan pola distribusi kursi yang berbeda secaa signifikan, terutama bagi partai menengah dan kecil. Penerapan metode Sainte-Lague pada Pemilu 2019 berhasil menciptakan sistem simulasi yang efisien dan dapat diandalkan untuk menghitung alokasi kursi yang lebih proposional yang selaras dengan data resmi Komisi Pemilihan Umum (KPU) (Madyan et al., 2024). Metode Sainte-Lague menggunakan pembagi suara berupa bilangan ganjil. Metode ini melakukan perhitungan suara secara proporsional, tanpa membedakan atau memihak antara partai kecil dan partai besar (Perbawa, 2019). Untuk mencapai hasil yang akurat dan efisien, penerapan algoritma iterasi dalam metode Sainte-Lague dapat membantu mempercepat perhitungan kursi. Secara matematis, algoritma iterasi sangat penting karena memberikan cara sistematis untuk membagi suara dengan langkah-langkah berulang yang konsisten. Algoritma iterasi dapat diterapkan dalam perhitungan alokasi kursi dengan metode Sainte-Lague yang bertujuan untuk mempercepat proses perhitungan sekaligus memperjelas langkah-langkah perhitungan secara matematis (Yulinar dan Gunawan, 2024). Salah satu kelebihan Metode Sainte-Lague adalah kemampuannya untuk mencapai representasi yang lebih adil dalam pengalokasian kursi dan memperhitungkan secara akurat perolehan suara sehingga kepentingan masyarakat yang beragam dapat tercermin dalam lembaga legislatif (Chrismayoga, 2023). Metode Sainte-Lague digunakan untuk perhitungan alokasi kursi berdasarkan perolehan suara. Namun, kompleksitas perhitungan dan berbagai hasil dapat muncul dari berbagai situasi perolehan suara yang mem6erlukan penyelidikan lebih lanjut. Oleh karena itu, simulasi Monte Carlo penting digunakan dalam memprediksi perolehan suara.

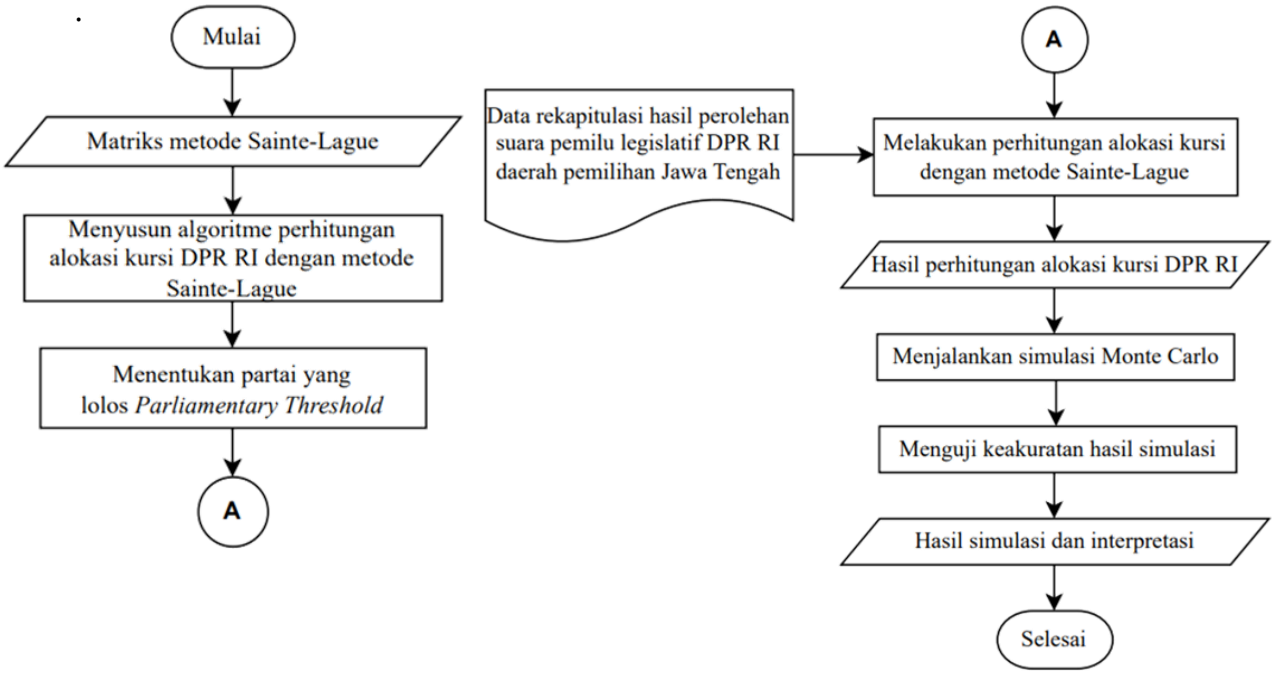
Simulasi Monte Carlo merupakan metode simulasi untuk mengevaluasi model deterministik dengan bilangan acak sebagai salah satu input (Rubinstein dan Kroese, 1983). Simulasi Monte Carlo merupakan bentuk simulasi dimana solusi dari suatu masalah yang diberikan berdasarkan randomisasi serta menghitung nilai probabilitasnya berdasarkan distribusi data yang digunakan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

(Yusmaity et al., 2019). Monte Carlo menggunakan bilangan acak untuk setiap variabel dari distribusi probabilitasnya untuk mensimulasikan sistem tersebut berulang kali berdasarkan sistem yang ditinjau. Hasil yang didapatkan dari simulasi tersebut adalah sebuah distribusi probabilitas dari nilai sebuah sistem secara keseluruhan (Apri, 2019). Bilangan acak merupakan bilangan yang kemunculan terjadi secara acak dan digunakan untuk keperluan simulasi. Besarnya bilangan acak tidak dapat diketahui secara pasti kemunculannya (Darnis et al., 2020). Keuntungan dari simulasi Monte Carlo adalah kemampuan untuk menganalisis beberapa kemungkinan ketidakpastian yang terjadi dalam penelitian (Astia et al., 2019). Dengan kemampuannya dalam menghasilkan ribuan sekenario yang berbeda, Monte Carlo dapat memberikan gambaran yang komperhensif tentang kemungkinan hasil pemilu. Dengan mengulangi proses simulasi, metode ini dapat memberikan kemungkinan hasil yang berbeda, memberikan wawasan yang lebih akurat tentang bagaimana faktor-faktor ketidakpastian dapat mempengaruhi distribusi kursi di masa depan. Pada penelitian (Tunmibi dan Olatokun, 2021) simulasi Monte Carlo diterapkan dalam analisis hasil pemungutan suara dalam pemilihan presiden dengan membandingkan suara aktual dengan suara yang telah disimulasikan. Dalam penelitian ini simulasi Monte Carlo bukan lagi digunakan pada pemilihan presiden, namun akan digunakan dalam pemilihan umum DPR RI.

Pada artikel ini, bertujuan untuk memberikan algoritma perhitungan alokasi kursi dengan metode Sainte-Lague yang diterapkan untuk menghasilkan distribusi kursi secara proporsional berdasarkan perolehan suara. Selain itu, juga akan dilakukan prediksi alokasi kursi DPR RI untuk daerah pemilihan Jawa Tengah bedasarkan perolehan suara dengan simulasi Monte Carlo, yang memungkinkan distribusi kursi dengan mempertimbangkan ketidakpastian dalam hasil pemilu.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. *Flowchart* langkah-langkah penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian terapan yaitu menerapkan simulasi Monte Carlo pada data rekapitulasi hasil perolehann suara partai politik dengan perhitungan alokasi kursi DPR RI menggunakan metode Sainte-Lague. Metodologi penelitian dibagi menjadi dua bagian, yaitu data penelitian dan langkah penelitian. Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah data

sekunder yang diperoleh dari Komisi Pemilihan Umum. Data tersebut berupa data rekapitulasi hasil perolehan suara partai politik daerah pemilihan Jawa Tengah pada setiap periode pemilu dari tahun 2014 sampai dengan 2024. Terdapat 10 daerah pemilihan di Jawa Tengah dengan setiap daerah pemilihan terdiri dari 18 data. (Komisi Pemilihan Umum, 2024). Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini ditunjukkan dalam flowchart pada Gambar 1

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan uraian Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2917 tentang pemilihan umum, proses perhitungan alokasi kursi diawali dengan penerapan ambang batas parlemen atau *parliamentary threshold*. *Parliamentary threshold* atau ambang batas parlemen digunakan untuk menentukan persentase minimum suara yang harus diperoleh partai politik dalam pemilu legislatif untuk dapat masuk ke parlemen. Di Indonesia, ambang batas parlemen ini berlaku tingkat nasional atau kursi DPR. Saat ini, ambang batas parlemen yang berlaku di Indonesia adalah 4% dari total suara sah secara nasional, sebagaimana diatur dalam Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2017 tentang Pemilu (Nurman, 2023). Ambang batas 4% ini berarti bahwa partai politik harus mendapatkan setidaknya 4% dari total suara sah yang diberikan pada pemilu di seluruh Indonesia agar dapat mendapatkan kursi di DPR. Partai politik yang tidak mencapai ambang batas atau *parliamentary threshold* tersebut tidak akan mendapatkan kursi di parlemen, meskipun partai tersebut mendapatkan suara di beberapa daerah tertentu.

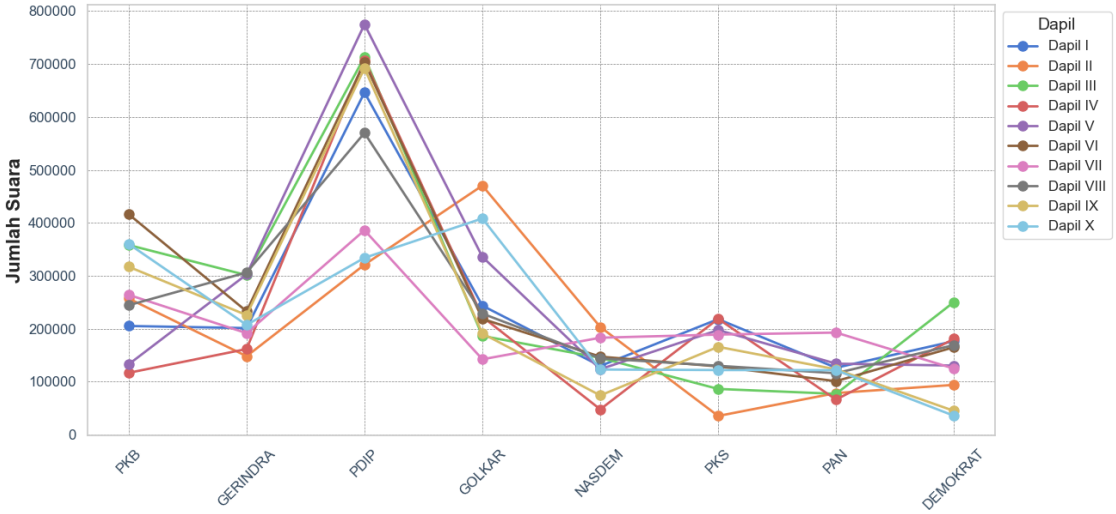
Pada penelitian ini penulis menggunakan data perolehan suara sah partai politik peserta pemilu legislatif yang memenuhi ambang batas parlemen atau *parliamentary threshold* sesuai ketentuan yang berlaku. Adapun data yang digunakan pada penelitian ini adalah data seluruh daerah pemilihan di Jawa Tengah. Dimana dari total 18 partai politik peserta pemilu yang ada, hanya 8 partai politik yang berhasil melewati ambang batas 4% secara nasional. Untuk memudahkan dalam analisis, data perolehan suara sah dari kedelapan partai politik yang memenuhi ambang batas atau *parliamentary threshold* ditampilkan pada tabel. Data ini menjadi dasar perhitungan dalam penerapan metode Sainte-Lague, yang akan digunakan untuk menentukan distribusi kursi secara proporsional di daerah pemilihan di Jawa Tengah.

Tabel 1. Daftar 8 Partai Politik Memenuhi *Parliamentary Threshold* Nasional

Partai Politik	Jumlah Suara	Persentase suara
PKB	16.115.358	10,62%
Gerindra	20.071.345	13,22%
PDIP	25.384.673	16,72%
Golkar	23.208.488	15,29%
Nasdem	14.660.328	9,66%
PKS	12.781.241	8,42%
PAN	10.984.639	7,24%
Demokrat	11.283.053	7,43%

Tabel 1 menunjukan hasi perolehan suara partai politik secara nasional yang telah memenuhi ambang batas parlemen atau *parliamentary threshold.* Data tersebut akan menjadi acuan utama untuk menentukan partai-partai mana saja yang berhak masuk dalam proses perhitungan alokasi kursi di setiap daerah pemilihan di Jawa Tengah. Berdasarkan partai-partai yang telah memenuhi kriteria tersebut, hasil perolehan suara di tingkat daerah pemilihan Jawa Tengah disajikan dalam gambar 2.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan



Gambar 2. Hasil Perolehan Suara Pemilu 2024 Memenuhi *Parliamentary Threshold*

Perhitungan metode Sainte-Lague akan dimodelkan terlebih dahulu dengan suatu matriks dalam melakukan perhitungan yang lebih sistematis. Terdapat dua komponen utama matriks yang dapat menjadi dasar dalam metode perhitungan Sainte-Lague, yaitu matriks probabilitas dan matriks bilangan pembagi ganjil. Dalam metode Sainte-Lague, matriks probabilitas adalah matriks kolom yang digunakan sebagai representasi distribusi suara yang diperoleh masing-masing partai politik dari total suara yang diterima. Komponen kedua adalah matriks bilangan pembagi ganjil yang digunakan dalam metode Sainte-Lague untuk membagi perolehan suara masing-masing partai. Pembagian ini membantu dalam menentukan distribusi kursi yang akan diterima masing-masing partai politik.

Diansumsikan V_i adalah jumlah perolehan suara partai ke-i, d adalah bilangan ganjil (1, 3, 5, 7, dst), dan S adalah total suara yang diperoleh seluruh partai, $S = \sum_{k=1}^{i} V_k = V_1 + V_2 + \cdots + V_i$, sehingga probabilitas suatu partai dalam memenangkan kursi adalah $\frac{V_i}{S}$. Jika X adalah matriks probabilitas suatu partai memenangkan kursi dan T adalah matriks bilangan pembagi ganjil, maka matriks hasil bagi perolehan suara dapat ditulis sebagai persamaan (1).

$$A = XT = \begin{bmatrix} \frac{V_1}{S} \\ \frac{V_2}{S} \\ \frac{V_3}{S} \\ \vdots \\ \frac{V_i}{S} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{S}{1} & \frac{S}{3} & \frac{S}{5} & \cdots & \frac{S}{d} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_1}{1} & \frac{V_1}{3} & \frac{V_1}{5} & \cdots & \frac{V_1}{d} \\ \frac{V_2}{1} & \frac{V_2}{3} & \frac{V_2}{5} & \cdots & \frac{V_2}{d} \\ \frac{V_3}{1} & \frac{V_3}{3} & \frac{V_3}{5} & \cdots & \frac{V_3}{d} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{V_i}{1} & \frac{V_i}{3} & \frac{V_i}{5} & \cdots & \frac{V_i}{d} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Melihat banyaknya alokasi kursi parlemen di tingkat pusat maupun daerah, perhitungan secara manual akan memakan waktu yang lama. Oleh karena itu, diperlukan algoritma perhitungan alokasi kursi dengan metode Sainte-Lague untuk memperjelas langkah perhitungan secara matematis. Akan disusun algoritma untuk menentukan pemenang kursi legislatif pertama hingga kursi ke- n (n adalah jumlah kursi legislatif yang tersedia). Jika ditentukan nilai awal $r_0 = S$ (dimana r_n menyatakan hasil perkalian jumlah suara pemenang kursi ke- n dibagi dengan suatu bilangan pembagi ganjil ke- j). Untuk menentukan pemenang kursi ke- n, akan digunakan algoritma berikut untuk iterasi ke- n, dimana k_n adalah pemenang kursi ke- n.

$$r_n = \max_{i,j}(A_{ij}) < r_{n-1} \quad (2)$$

$$k_n = i; \max_{i,j}(A_{ij}) = r_n \quad (3)$$

Selanjutnya dilakukan simulasi perhitungan Sainte-Lague dari algoritma tersebut sesuai dengan jumlah alokasi kursi yang telah ditetapkan masing-masing daerah pemilihan. Pada penelitian ini langkah iterasi akan diterapkan data hasil perolehan suara daerah pemilihaan Jawa Tengah I. Hasil perkalian matriks dari perolehan suara daerah pemilihan Jawa Tengah I sebagai berikut:

$$A = \begin{bmatrix} 205278 & 68426 & 41056 \\ 201312 & 67104 & 40262 \\ 646141 & 215380 & 129228 \\ 243630 & 81210 & 48726 \\ 129797 & 43266 & 25959 \\ 218171 & 72724 & 43634 \\ 126422 & 42141 & 25284 \\ 176626 & 58875 & 35325 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Dimana matriks A mempresentasikan hasil pembagian perolehan suara dengan bilangan ganjil dari data daerah pemilihan Jawa Tengah I. Setiap baris akan merepresentasikan hasil pembagian yang semakin mengecil dari kiri ke kanan untuk pertimbangan alokasi kursi. Nilai tertinggi pertama akan mendapatkan satu kursi pada partai. Nilai tertinggi kedua akan mendapatkan satu kursi selanjutnya dan begitu pula seterusnya sampai alokasi kursi terpenuhi. Dimana jumlah alokasi kursi untuk daerah pemilihan Jawa Tengah I sebanyak 8 kursi. Maka akan digunakan algoritma yang telah ditentukan untuk proses perhitungannya berdasarkan hasil perolehan suara matriks A tersebut. Untuk menentukan pemenang kursi pertama, ditentukan nilai awal $r_0 = S$, maka $r_1 = \max_{i,j}(A_{ij}) = A_{31}; 646141 < 1947377$ dan $k_1 = i; \max_{i,j}(A_{ij}) = r_1 = A_{31} = 3$. Jadi, pemenang kursi pertama adalah partai ketiga (PDIP). Selanjutnya dihitung $\sum k_i = 0 + 0 + 1 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 1 < 8 = k$. Karena alokasi kursi belum terpenuhi, maka proses iterasi akan berlanjut sampai semua alokasi kursi terpenuhi dan iterasi selesai.

Proses iterasi yang sama akan diterapkan secara konsisten untuk perhitungan alokasi kursi seluruh daerah pemilihan di Jawa Tengah dengan mengikuti langkah-langkah dari algoritma yang telah ditetapkan. Berdasarkan penerapan algoritma tersebut, distribusi kursi yang diperoleh tiap partai politik di seluruh daerah pemilihan di Jawa Tengah adalah sebagai berikut.

Table 2. Hasil Perolehan Kursi Parlemen 2024 Setiap Daerah Pemilihan Jawa Tengah

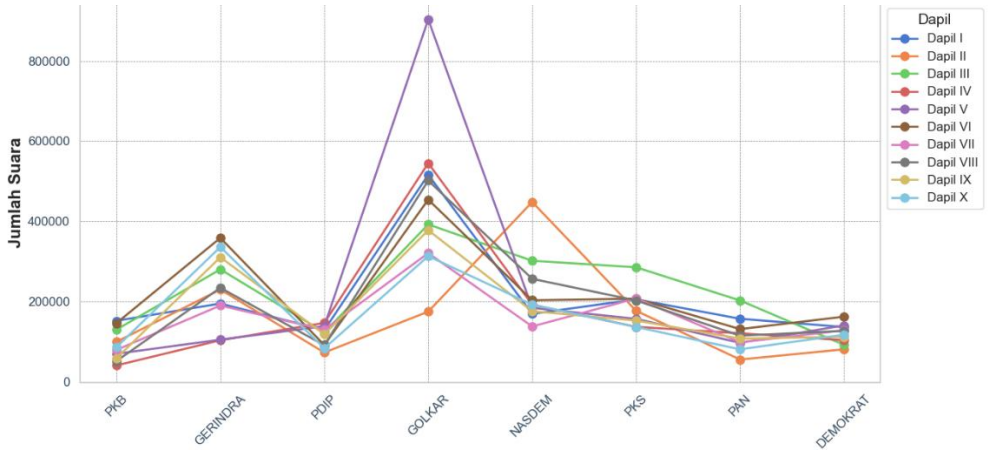
Partai	Dapil									
	I	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**
PKB	1	1	2	0	1	1	1	1	1	1
Gerindra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PDIP	2	2	3	3	3	3	1	2	3	1
Golkar	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2
Nasdem	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1
PKS	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1
PAN	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
Demokrat	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
Total	8	7	9	7	8	8	7	8	8	7

Berdasarkan tabel dapat disimpulkan bahwa pada setiap daerah pemilihan di Jawa Tengah terdapat partai yang mendominasi alokasi kursi, terutama partai PDIP, yang memperoleh jumlah kursi tertinggi di sebagian besar daerah pemilihan. Selain itu, partai GOLKAR juga menunjukan dominasi kursi yang signifikan dibandingkan dengan partai lainnya dan disusul dengan partai PKB. Sementara itu, beberapa partai lainnya hanya mendapatkan satu kursi, bahkan ada partai politik yang tidak

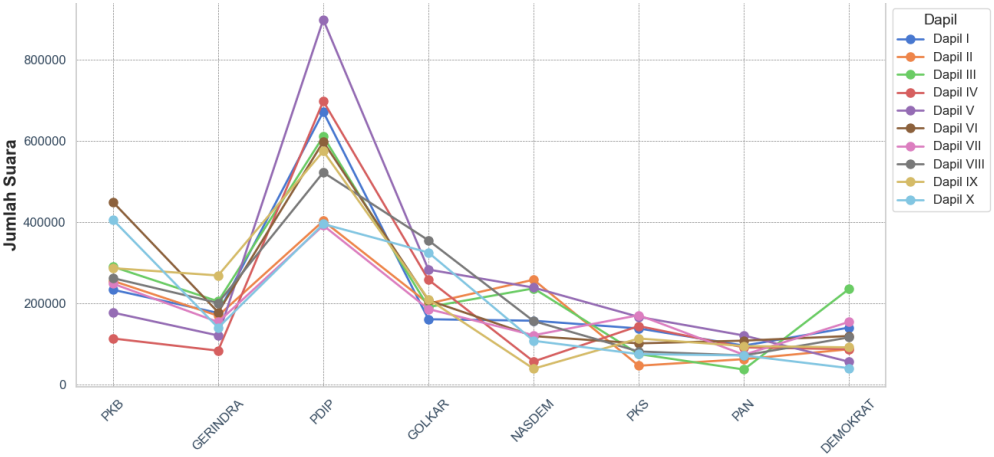
© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

memperoleh kursi sama sekali meskipun memenuhi ambang batas parlemen secara nasional dan masuk dalam perhitungan alokasi kursi.

Kemudian terkait simulasi Monte Carlo untuk menentukan prediksi jumlah perolehan suara pada pemilu yang akan datang. Dimulai dengan pengumpulan data historis dari hasil pemilu pada periode sebelumnya, yaitu tahun 2014, 2019, dan 2024, yang mencakup tiga periode pemilu. Data tersebut diperoleh dari Komisi Pemilihan Umum (KPU) yang akan digunakan sebagai dasar dalam proses simulasi. Selanjutnya dilakukan proses simulasi untuk memprediksi perolehan suara pada pemilu yang akan datang. Data perolehan suara pada periode sebelumnya disajikan secara lengkap pada gambar 3 dan gambar 4.



Gambar 3. Hasil Perolehan Suara Pemilu 2014 Daerah Pemilihan Jawa Tengah



Gambar 4. Hasil Perolehan Suara Pemilu 2019 Daerah Pemilihan Jawa Tengah

Dari data hasil perolehan suara pemilu 2014 dan 2019 tersebut akan dilakukan simulasi Monte Carlo sebanyak 10.000 kali untuk memprediksi distribusi suara pada pemilu tahun 2024. Hasil prediksi ini memberikan gambaran probabilistik mengenai potensi perubahan suara yang dapat terjadi pada pemilu yang akan datang dan dapat dijadikan referensi untuk analisis lebih lanjut terhadap alokasi kursi parlemen.

Table 3. Hasil Prediksi Simulasi Perolehan Suara Pemilu 2024 Daerah Pemilihan Jawa Tengah

Dapil	Partai Politik							
	PKB	Gerindra	PDIP	Golkar	Nasdem	PKS	PAN	Demokrat
I	221393	198815	615673	172051	161151	139124	121420	155464
II	276271	198577	323094	377791	200343	69205	82656	80883
III	328108	282475	573404	284994	209223	114716	74986	252185
IV	127841	132198	730429	265014	57339	171635	115623	123720

V	154555	156136	998873	256317	164669	168288	146419	87093
VI	468661	224599	610236	239555	155462	112563	158255	146313
VII	261310	220412	426513	192978	119023	179299	124123	149495
VIII	282217	230741	583936	346435	116021	98969	115815	132450
IX	357930	245867	559569	229074	59504	138896	125076	119893
X	435537	163565	416080	300583	114034	94157	114127	73744

Dengan mengunakan data hasil pemilu tahun 2014 dan 2019 sebagai data training, didapatkan rata-rata tingkat akurasi sebesar 82.16%, yang menunjukan bahwa metode simulasi Monte Carlo dapat memberikan hasil prediksi yang cukup akurat. Berikut merupakan hasil prediksi distribusi suara yang diperoleh dari simulasi Monte Carlo pada pemilu tahun 2029.

Table 4. Hasil Prediksi Simulasi Perolehan Suara Pemilu 2029 Daerah Pemilihan Jawa Tengah

Dapil	Partai Politik							
	PKB	**Gerindra**	**PDIP**	**Golkar**	**Nasdem**	**PKS**	**PAN**	**Demokrat**
I	231223	197254	693580	210087	151021	185534	116083	165440
II	266973	165972	379498	343351	242068	43021	73632	94408
III	343106	265504	700115	200974	205194	85647	59779	257579
IV	122467	127936	745482	257119	55763	190906	84750	139283
V	157955	214087	850461	314373	185178	185384	129831	94482
VI	460750	216726	685821	226611	140823	121326	111697	149707
VII	271138	182111	411346	175031	159357	189979	137828	148599
VIII	264043	261937	567154	305328	156274	109290	96834	147650
IX	315672	260541	658444	211134	58755	145370	113143	72498
X	402940	180499	382961	382026	120800	102476	99863	40175

Tabel 4 menunjukan hasil prediksi perolehan suara tahun 2029. Dimana perubahan suara tidak terlalu besar secara keseluruhan, variasi hasil prediksi dapat menunjukan bahwa partai kecil tetap kesulitan untuk menembus ambang batas parlemen dan masuk dalam perhitungan alokasi kursi. Berdasarkan hasil simulasi dilakukan perhitungan alokasi kursi masing-masing partai politik disajikan dalam tabel 5.

Table 5. Hasil Prediksi Distribusi Kursi Parlemen 2029 Daerah Pemilihan Jawa Tengah

Partai	Dapil									
	I	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**
PKB	1	1	2	0	1	2	1	1	1	2
Gerindra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PDIP	2	2	3	3	3	2	1	3	3	2
Golkar	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2
Nasdem	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
PKS	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0
PAN	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Demokrat	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0
Total	8	7	9	7	8	8	7	8	8	7

Hasil prediksi simulasi Monte Carlo untuk pemilu tahun 2029 tidak jauh berbeda dengan pemilu sebelumnya. Hal ini menunjukan bahwa di periode pemilu yang akan datang PDIP tetap memiliki dukungan yang kuat dan stabil yang kembali mendominasi perolehan kursi parlemen. Hal ini sejalan dengan data pada periode pemilu sebelumnya. Meskipun perubahan suara tetap ada, pergeseran dalam distribusi kursi tidak jauh berbeda dibandingkan pada pemilu sebelumnya. Ini menunjukan adanya stabilitas dalam pemilihan dan pengaruh sistem pemilu yang relative konsisten dengan hasil yang mirip pada setiap periode.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan dalam penelitian ini disimpulkan bahwa perhitungan dengan algoritma tersebut sesuai dengan hasil perhitungan resmi oleh Komisi Pemilihan Umum (KPU). Dengan demikian algoritma tersebut dapat memberikan langkah perhitungan yang lebih valid dalam proses alokasi kursi. Monte Carlo berhasil memberikan prediksi yang akurat dengan rata-rata tingkat akurasi sebesar 82,16% yang mana Monte Carlo dapat digunakan dalam memprediksi perolehan suara untuk pengalokasian kursi DPR RI daerah pemilihan di Jawa Tengah pada pemilu yang akan datang. Simulasi ini menunjukan prediksi yang didukung oleh simulasi berbasis data, KPU dan pemerintah dapat meningkatkan transparasi porses pemilu, mengurangi potensi manipulasi, dan meningkatkan kepercayaan publik terhadap sistem pemilu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Tuhan yang Maha Esa, orang tua saya, saudara dan kekasih saya, yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa, sehingga terciptanya artikel ilmiah ini. Terima kasih juga saya sampaikan kepada dosen pembimbing saya yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam proses penyusunan artikel ini, serta tim *reviewer* yang sudah berkenan *me review* artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

Apri, M. (2019). Simulasi Monte Carlo Untuk Memprediksi Jumlah Kunjungan Pasien. *Jursima*, *7*(2), 92. https://doi.org/10.47024/js.v7i2.176

Astia, R. Y., Santony, J., & Sumijan, S. (2019). Prediction Of Amount Of Use Of Planning Family Contraception Equipment Using Monte Carlo Method (Case Study In Linggo Sari Baganti District). *Indonesian Journal of Artificial Intelligence and Data Mining*, *2*(1). https://doi.org/10.24014/ijaidm.v2i1.5825

Chrismayoga, Y. B. (2023). Penerapan Sistem Proporsional Terbuka dan Konversi Kursi Sainte-Lague pada Pemilu 2019: Studi Kasus Dapil 1 DPRD Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Ilmiah Indonesia*, *8*(4).

Darnis, R., Nurcahyo, G. W., & Yunus, Y. (2020). Simulasi Monte Carlo untuk Memprediksi Persediaan Darah. *Jurnal Informasi Dan Teknologi*, *2*(2019), 4–9. https://doi.org/10.37034/jidt.v2i4.98

Gallagher, M. (1991). Proportionality, Disproportionality and Electoral Systems. *Electoral Studies* (Vol. 10, pp. 33–51). https://doi.org/10.1016/0261-3794(91)90004-C

Komisi Pemilihan Umum, Daerah Pemilihan DPR RI, https://infopemilu.kpu.go.id/Pemilu/Dapil dpr, 2024, diakses tanggal 26 Juni 2024

Madyan, I., Apriandari, W., & Pambudi, A. (2024). Implementasi Metode Sainte-Laguë Dalam Perhitungan Kursi Dprd Kota Sukabumi. *INFOTECH Journal*, *10*(1), 90–95. https://doi.org/10.31949/infotech.v10i1.8902

Marijan, K. (2019). *Sistem Politik Indonesia: Konsolidasi Demokrasi Pasca Orde Baru*. Jakarta: Prenada Media.

Muhazir, A. (2022). Penerapan Metode Monte Carlo Dalam Memprediksi Jumlah Penumpang Kereta Api (Studi Kasus : Pt.Kai Wilayah Sumatra). *Journal of Science and Social Research*, *4307*(1), 151–158. http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR

Nurman, M. (2023). Tinjauan Hukum Penerapan Ambang Batas Parlemen (Parliamentary Threshold)

dalam Pemilihan Umum. *Jurnal Fenomena*, *17*(1). https://doi.org/10.36841/fenomena.v21i1.2910

Perbawa, S. L. (2019). Pemilu Serentak 2019 (Problem Dan Solusinya). *Jurnal Aktual Justice*, *4*(1), 81–92. https://doi.org/10.47329/aktualjustice.v4i1.476

Rubinstein, R. Y., & Kroese, D. P. (1983). Simulation and the Monte Carlo Method. *Journal of the American Statistical Association*, 78(382), 511. https://doi.org/10.2307/2288699

Tunmibi, S., & Olatokun, W. (2021). Monte Carlo simulation of vote counts from Nigeria presidential elections. *Cogent Social Sciences*, *7*(1). https://doi.org/10.1080/23311886.2021.1914397

Yulinar, Y. P., & Gunawan, G. (2024). *Metode Sainte Lague untuk Konversi Suara terhadap Kursi Parlemen pada Pileg*. *Jurnal Riset Matematika* *4*(1), 29–36. https://doi.org/10.29313/jrm.v4i1.3599

Yusmaity, Julius Santony, & Yuhandri. (2019). Simulasi Monte Carlo untuk Memprediksi Hasil Ujian Nasional (Studi Kasus di SMKN 2 Pekanbaru). *Jurnal Informasi & Teknologi*, *1*(4), 1–6. https://doi.org/10.37034/jidt.v1i4.21

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Penerapan *Fuzzy Logic* Tsukamoto dalam Memprediksi Jumlah Stok CPO Tahun 2024 di PTPN IV Unit Dolok Ilir

Dina Anggriani[1*], Tri Andri Hutapea[2]
[1,] *Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author: dinaanggriani06@mhs.unimed.ac.id*

Abstrak, dalam industri kelapa sawit, ketidakpastian penentuan jumlah stok Crude Palm Oil (CPO) dapat mempengaruhi stabilitas pasokan, pengelolaan jumlah stok CPO yang optimal menjadi kunci penting untuk memenuhi permintaan pasar sekaligus meminimalkan biaya penyimpanan. Oleh karena itu, diperlukan metode yang efektif untuk memprediksi jumlah stok CPO agar dapat memenuhi permintaan pasar. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi jumlah stok CPO perbulan tahun 2024 di PTPN IV Unit Dolok Ilir menggunakan metode fuzzy logic tsukamoto berbantuan simulasi python. Prediksi jumlah stok CPO menunjukkan bahwa metode ini mampu menghasilkan prediksi yang akurat.Implementasi fuzzy logic tsukamoto menggunakan simulasi python memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih fleksibel, mudah diimplementasikan, cepat dan efisien dalam pengelolaan stok CPO dengan mempertimbangkan ketidakpastian dalam variabel-variabel seperti permintaan, persediaan, jumlah produksi dan biaya hasil produksi. Berdasarkan empat variabel input yang digunakan, diperoleh hasil prediksi jumlah stok CPO untuk periode Januari hingga Desember tahun 2024 menunjukkan nilai stok yang bervariasi yaitu 975.392kg (Januari), 1.841.421kg (Februari), 1.749.234kg (Maret), 2.225.936kg (April), 1.971.317kg (Mei), 1.511.526kg (Juni), 1.841.249kg (Juli), 1.164.668kg (Agustus), 1.165.217kg (September), 1.982.637kg (Oktober), 2.007.765kg (November) dan 2.003.270kg (Desember).
Kata kunci: Fuzzy Logic Tsukamoto; Jumlah Stok CPO; Prediksi; Python.

Abstract, *in the palm oil industry, uncertainty in determining the amount of Crude Palm Oil (CPO) stock can affect supply stability. Managing the optimal amount of CPO stock is an important key to meeting market demand while minimizing storage costs. Therefore, an effective method is needed to predict the amount of CPO stock in order to meet market demand. This research aims to predict the number of CPO stocks per month in 2024 at PTPN IV Dolok Ilir Unit using the Tsukamoto fuzzy logic method assisted by Python simulation. Predicting the amount of CPO stock shows that this method is able to produce accurate predictions. The implementation of Tsukamoto's fuzzy logic using python simulation allows more flexible, easy to implement, fast and efficient decision making in managing CPO stocks by considering uncertainty in variables such as demand, inventory, production quantities and production costs. Based on the four input variables used, the predicted results for the amount of CPO stock for the period January to December 2024 show varying stock values, namely 975.392kg (January), 1.841.421kg (February), 1.749.234 kg (March), 2.225.936kg (April), 1.971.317kg (May), 1.511.526kg (June), 1.841.249kg (July), 1.164.668kg (August), 1.165.217kg (September), 1.982.637kg (October), 2.007.765kg (November) and 2.003.270kg (December).*
Keywords*: Fuzzy Logic Tsukamoto; CPO Stock Quantity; Prediction; Python*

Citation : Anggriani, D. & Hutapea, T. A. (2024). Penerapan Fuzzy Logic Tsukamoto dalam Memprediksi Jumlah Stok CPO Tahun 2024 di PTPN IV Unit Dolok Ilir. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 431 – 438

PENDAHULUAN

Di era globalisasi, setiap bisnis berusaha bersaing dengan bisnis lainnya. Artinya, bisnis perlu memperhatikan kelangsungan hidup, terutama ketika menentukan tingkat persediaan, agar dapat bertahan. Salah satu pengaruh daya saing adalah terpenuhinya sesuai dengan jumlah permintaan pasar (Tundo et al., 2020). Di sisi lain, suatu bisnis harus memenuhi permintaan yang tidak menentu dan mendapatkan laba maksimal. Oleh karena itu, untuk menghindari kerugian maka jumlah persediaan

harus direncanakan sedemikian rupa sehingga permintaan pasar dapat dipenuhi dalam jumlah yang sesuai (Nasastra et al., 2021). Semua bisnis/perusahaan di berbagai bidang pasti menghadapi masalah yang berhubungan dengan persediaan. Persediaan yang tidak cukup berakibat terganggunya operasi perusahan. Dan sebaliknya, apabila persediaan banyak mengakibatkan resiko besar dan kerusakan yang tinggi. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan persediaan untuk menghindari hal tersebut terjadi. Dalam merencanakan persediaan, produksi menjadi hal yang sangat penting untuk diperhatikan (Tundo et al., 2020).

Penentuan jumlah persediaan sangat sulit karena terdapat banyak faktor yang terlibat dalam perhitungannya. Kebutuhan konsumen selalu berubah, konsumsi harian bahkan bulanan yang selalu berbeda. Dengan kata lain, ada korelasi antara permintaan, penawaran, dan jumlah produksi. Besarnya volume produksi disebabkan oleh besarnya *demand* dan tingginya *supply* di *warehouse* perusahaan. Faktor-faktor yang mempengaruhi hal ini adalah *demand* yang tinggi di waktu tertentu, *demand* yang sedikit di waktu tertentu, *supply* tinggi di waktu tertentu, s*upply* rendah di waktu tertentu, produksi banyak dan sedikit di waktu tertentu, serta permintaan dan pasokan saat ini (Ikromina & Ujianto, 2019).

Dalam mencapai tujuan, perusahaan tidak lepas dari permasalahan, tantangan, dan risiko yang harus dihadapi. Sehingga banyak perusahaan yang tidak mampu bertahan atau bahkan berada pada kondisi kesulitan keuangan. Salah satu perusahaan yang mengalami hal ini adalah industri kelapa sawit. Pengambilan keputusan di industri kelapa sawit tidak hanya terfokus pada pendistribusian CPO dari PKS ke pengguna akhir, namun juga pada aktivitas pengelolaan perkebunan kelapa sawit, pendistribusian TBS untuk diolah, dan pengelolaan sistem inventarisasi CPO serta kegiatan rantai pasokan yang harus dipertimbangkan. Adapun permasalahan yang terjadi pada tempat penelitian ialah telah terjadi kekurangan stok CPO pada bulan Januari-Maret 2023. Dimana permintaan pasar perbulan pada saat itu berkisar 3 sampai 4 juta kilogram. Sedangkan, persediaan CPO digudang hanya tersedia 2 juta kilogram. Oleh karena itu, pabrik tidak dapat memenuhi permintaan pasar. Untuk menghindari hal tersebut terjadi, maka diperlukan perencanaan jumlah stok CPO agar memenuhi permintaan pasar serta mengurangi kerugian. Hal ini dapat diatasi menggunakan sebuah metode yaitu *metode Tsukamoto* (Nasastra et al., 2021).

Penelitian yang dilakukan Rumfot dkk pada tahun 2024 dengan kasus menentukan jumlah produksi batu pecah dengan membandingkan 3 metode. Berdasarkan data yang digunakan berupa data permintaan, persediaan dan produksi pada tahun 2021 hingga 2022. Kinerja produksi ditentukan dengan menggunakan perbandingan MAPE tiga metode. Tingkat kesalahan yang diperoleh dari metode Mamdani sebesar 28,34% dan tingkat akurasi sebesar 71,66%, tingkat akurasi sebesar 71,02% dengan tingkat kesalahan 28,98% yang diperoleh metode Sugeno, dan tingkat akurasi sebesar 76,98% dengan tingkat kesalahan 23,02% yang diperoleh dengan metode *Tsukamoto*, artinya prediksi dikatakan cukup baik (layak). Oleh karena itu, disimpulkan bahwa metode *Tsukamoto* lebih baik untuk digunakan dibandingkan metode Mamdani dan metode Sugeno karena menghasilkan tingkat kesalahan yang lebih rendah. Artinya PT. Abdi Sarana Nusa di Kabupaten Seram Timur dapat menggunakan metode *Tsukamoto* untuk perencanaan produksi yang lebih baik (Rumfot et al., 2024).

Selain itu, Pada kasus penentuan jumlah pemasukan beras optimal yang dilakukan oleh Anjani dengan perbandingan nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). Diperoleh hasil bahwa nilai MAPE metode *Tsukamoto* sebesar 1,26%, nilai MAPE, metode *Mamdani* sebesar 3,34%, dan nilai MAPE metode *Sugeno* sebesar 3,34%. Disimpulkan bahwa metode yang paling baik digunakan adalah *Tsukamoto* karena memiliki nilai MAPE terkecil (Anjani & Marpaung, 2022). Selanjutnya,

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Penelitian yang dilakukan oleh Basriati dan Safitri tahun 2021 dengan kasus penentuan jumlah produksi tahu menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto.* Metode ini digunakan untuk menentukan jumlah produksi yang optimal agar tidak terjadi penumpukan stok tahu. Jumlah produksi optimal ditentukan dengan menggunakan variabel permintaan, persediaan, bahan baku, dan produksi industri rumahan di Simpang Pulau. Berdasarkan penelitian, *Fuzzy Tsukamoto* mampu menentukan produksi tahu yang optimal dengan nilai kebenaran prediksi sebesar 98,91%. Dapat disimpulkan bahwa optimasi produksi tahu dengan metode *fuzzy Tsukamoto* sangat baik (Basriati, M.Sc & Safitri, M.Mat, 2021).

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai penentuan jumlah stok CPO dengan menggunakan metode *Tsukamoto* menggunakan 5 variabel yang berbeda pada studi kasus yang berbeda. Metode ini dipilih karena memiliki tingkat kesalahan (*persentase error*) lebih kecil dibanding metode lainnya, dengan kata lain metode *tsukamoto* menghasilkan tingkat kebenaran yang lebih besar, sehingga metode ini lebih baik digunakan dalam menentukan jumlah stok maupun produksi. Dimana variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu permintaan, persediaan, jumlah produksi, biaya hasil produksi, dan jumlah stok CPO. Masing-masing variabel akan direpresentasikan dengan fungsi keanggotaan *fuzzy* (Basriati, M.Sc & Safitri, M.Mat, 2021).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PTPN IV unit PKS Dolok Ilir yang beralamat di Jl. Bahapal, Kecamatan Dolok Batu Nanggar, Kabupaten Simalungun. Waktu penelitian berlangsung selama satu bulan. Adapun prosedur penelitian ini yaitu, pertama menentukan topik dan perumusan masalah yang akan diteliti, kemudian studi literatur yang bertujuan untuk mendapatkan sumber referensi dalam menerapkan metode yang akan digunakan melalui buku, jurnal dan artikel yang berkaitan dengan topik permasalahan yang akan dibahas. Selanjutnya mengumpulkan data dan data yang akan digunakan dalam penelitian adalah Data jumlah permintaan, persediaan, jumlah produksi, biaya hasil produksi dan jumlah stok CPO dari PTPN IV Unit PKS Dolok Ilir di Bulan Januari 2023-Desember 2023. Tabel 1 menunjukkan data satu tahun terakhir yang dimiliki PTPN IV Unit PKS Dolok Ilir.

Tabel 1. Data Satu Tahun Terakhir

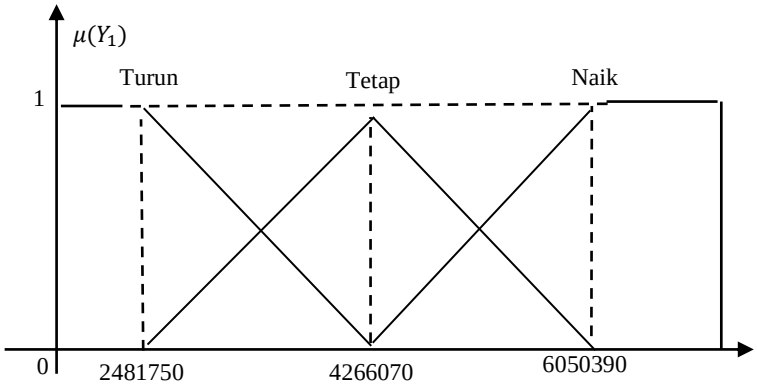
Fungsi	Variabel	Minimum	Maksimum	Rata-Rata
Input	Permintaan (Y_1) Kg	2481750	6050390	4266070
	Persediaan (Y_2) Kg	923589	2505796	1714692
	Jumlah Produksi (Y_3) Kg	2329683	5997704	4163693
	Biaya Hasil Produksi (Y_4) Rp.	1407238329	16479852763	8943545546
Output	Jumlah Stok CPO (Z) Kg	1041989	1971317	1506653

Adapun analisis data yang dilakukan setelah data dikumpulkan adalah sebagai berikut; (1) mendefinisikan variabel *input* dan *output;* (2) merumuskan variabel menjadi himpunan *fuzzy;* (3) membentukan aturan *fuzzy*; (4) proses logika *fuzzy* yang terdiri atas 3 tahapan yaitu *Fuzzifikasi*, Aplikasi fungsi implikasi dan *Defuzzifikasi;* dan (5) menarik kesimpulan dari hasil pengolahan data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Metode *Fuzzy Tsukamoto,* terdapat 4 variabel *input* dan 1 variabel *output* yang digunakan, yaitu; (1) permintaan (Y_1) memiliki 2481750 – 6050390 kg terdiri atas 3 himpunan *fuzzy* Turun, Tetap, Naik; (2) persediaan (Y_2) memiliki 923589 – 2505796 kg terdiri atas 3 himpunan *fuzzy* Sedikit, Sedang, Banyak; (3) jumlah produksi (Y_3) memiliki 2329683 – 5997704 kg terdiri atas 3

himpunan *fuzzy* Berkurang, Tetap, Bertambah; (4) biaya hasil produksi (Y_4) memiliki Rp. 1.407.238.329 – Rp.16.479.852.763 terdiri atas 3 himpunan *fuzzy* Rendah, Tetap, Tinggi; (5) jumlah stok CPO (Z) memiliki 1041989 –1971317 kg terdiri atas 3 himpunan *fuzzy* Berkurang, Tetap, Bertambah. Dari masing-masing himpunan *fuzzy* akan dibentuk fungsi keanggotaan dari variabel input permintaan Gambar 1, dari kurva tersebut dapat diterjemakan persaman (1) sebagai $\mu_{\text{permintaan turun}}(Y_1)$, persamaan (2) sebagai $\mu_{\text{permintaan tetap}}(Y_1)$, dan persamaan (3) sebagai $\mu_{\text{permintaan naik}}(Y_1)$.

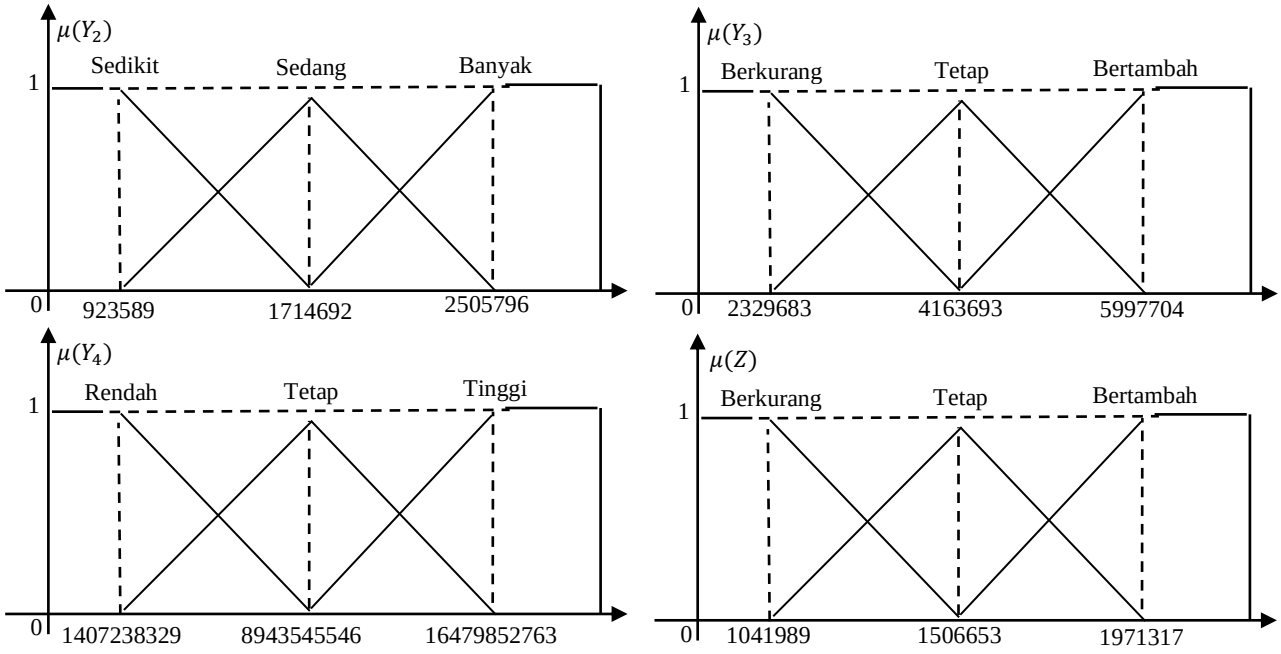


Gambar 1. Kurva variabel *input* permintaan Y_1

$$\mu_{\text{Permintaan Turun}}(Y_1) = \begin{cases} 1 & ; Y_1 \leq 2481750 \\ \frac{(4266070 - Y_1)}{4266070 - 2481750} & ; 2481750 \leq Y_1 \leq 4266070 \\ 0 & ; Y_1 \geq 4266070 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{\text{Permintaan Tetap}}(Y_1) = \begin{cases} 0 \text{ untuk } Y_1 \leq 2481750 \text{ atau } Y_1 \geq 6050390 \\ \frac{(Y_1 - 2481750)}{4266070 - 2481750} \text{ untuk } 2481750 \leq Y_1 \leq 4266070 \\ \frac{(6050390 - Y_1)}{6050390 - 4266070} \text{ untuk} 4266070 \leq Y_1 \leq 6050390 \\ 1 \text{ untuk } Y_1 = 4266070 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{\text{Permintaan Naik}}(Y_1) = \begin{cases} 0 & ; Y_1 \leq 4266070 \\ \frac{(Y_1 - 4266070)}{6050390 - 4266070} & ; 4266070 \leq Y_1 \leq 6050390 \\ 1 & ; Y_1 \geq 6050390 \end{cases} \quad (3)$$



Gambar 2. Kurva input variabel Y_2, Y_3, Y_4 dan Z

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Dalam memprediksi jumlah stok CPO bulan Januari 2024, berdasarkan data yang digunakan maka masing-masing nilai keanggotaan *fuzzy*, nilai Keanggotaan variabel permintaan ($Y_1 =$ 3.301.730 kg) yaitu dengan menggunakan persamaan (1), persamaan (2) dan persamaan (3) akan diperoleh $\mu_{\text{permintaan turun}}$ (Y_1) = 0,540452, $\mu_{\text{permintaan tetap}}$ (Y_1) = 0,459548 dan $\mu_{\text{permintaan naik}}$ (Y_1) = 0. Dengan langkah yang sama maka akan diperoleh data seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai Keanggotaan setiap Input Variabel

Variabel	turun/sedikit/ berkurang/rendah	tetap/sedang	naik/banyak/ bertambah/tinggi
Permintaan (Y_1)	0,540452	0,459548	0
Persediaan (Y_2)	0	0,845828	0,154152
Jumlah Produksi (Y_3)	0,167904	0,832096	0
Biaya Hasil Produksi (Y_4)	0,984389	0,015611	0

Selanjutnya, terdapat 22 aturan-aturan yang digunakan dan mencari α-predikat menggunakan operator AND dengan berbagai kondisi. Kondisi (A_1) jika permintaan *turun* dan persediaan *banyak* dan jumlah produksi *bertambah* dan biaya hasil produksi *tinggi* maka jumlah stok CPO *bertambah* $\alpha_1 = \min(\mu_{pmtTurun} \cap \mu_{psdBanyak} \cap \mu_{jlhprodBertambah} \cap \mu_{BiayaHslProdTinggi}) = 0$, dengan menggunakan kurva Z yang ada di gambar 2, diperoleh jumlah stok CPO Bertambah yaitu $z_1 = 1506653$. Kondisi (A_2) jika permintaan *turun* dan persediaan *sedang* dan jumlah produksi *bertambah* dan biaya hasil produksi *tinggi* maka jumlah stok cpo *bertambah* $\alpha_2 = \min(\mu_{pmtTurun} \cap \mu_{psdSedang} \cap \mu_{jlhprodBertambah} \cap \mu_{BiayaHslProdTinggi})$ =0, sehingga diperoleh jumlah stok CPO Bertambah yaitu $z_2 =$ 1506653.

Kemudian untuk kondisi (A_3) jika permintaan *turun* dan persediaan *sedikit* dan jumlah produksi *bertambah* dan biaya hasil produksi *tinggi* maka jumlah stok CPO bertambah $\alpha_3 = \min(\mu_{pmtTurun} \cap \mu_{psdSedikit} \cap \mu_{jlhprodBertambah} \cap \mu_{BiayaHslProdTinggi}) = 0$, sehingga diperoleh jumlah stok CPO Bertambah yaitu $z_3 = 1506653$. Selanjutnya Kondisi (A_4) jika permintaan *turun* dan persediaan *banyak* dan jumlah produksi *tetap* dan biaya hasil produksi *tetap* maka jumlah stok CPO *bertambah* $\alpha_4 = \min(\mu_{pmtTurun} \cap \mu_{psdBanyak} \cap \mu_{jlhprodTetap} \cap \mu_{BiayaHslProdTetap}) = 0{,}015611$ dengan jumlah stok CPO Bertambah sebesar $z_4 = 1537192$.

Kemudian, dengan langkah-langkah perhitungan yang sama pada aturan A_1 sampai A_4, akan diperoleh aturan A_5 sampai A_{22}. Selanjutnya, dalam menentukan *output crisp* digunakan *defuzzyfikasi* rata-rata terpusat, yaitu dengan menggunakan persamaan (4) diperoleh nilai Z = 975391,632

$$Z = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2 + \alpha_3 z_3 + \alpha_4 z_4 + \alpha_5 z_5 + \cdots + \alpha_{22} z_{22}}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 + \cdots + \alpha_{22}} \quad (4)$$

Diperoleh jumlah stok CPO pada bulan Januari 2024 dengan metode *fuzzy tsukamoto* adalah 975.392 kg. Perhitungan untuk bulan-bulan selanjutnya digunakan cara yang sama dalam memperoleh hasil jumlah stok CPO. Untuk perhitungan bulan selanjutnya dilakukan dengan bantuan program simulasi *python*. Dengan menggunakan simulasi *python*, diperoleh *output* prediksi jumlah stok CPO mulai bulan Januari hingga Desember tahun 2024 ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Prediksi Jumlah stok CPO Tahun 2024 menggunakan *Fuzzy Tsukamoto*

Bulan	**Jumlah Stok CPO (Kg)**
Januari	975.392,16
Februari	1.841.421,39
Maret	1.749.234,38
April	2.225.936,99
Mei	1.971.317,00
Juni	1.511.526,36

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Juli	1.841.249,18
Agustus	1.164.668,95
September	1.165.217,38
Oktober	1.982.637,64
November	2.007.765,49
Desember	2.003.270,35

KESIMPULAN

Prediksi jumlah stok *CPO* menggunakan metode *fuzzy logic tsukamoto* menunjukkan bahwa metode ini mampu memberikan hasil yang akurat berdasarkan data *input* yang bersifat *linguistik*. Dengan menggunakan aturan-aturan *fuzzy* yang dikembangkan berdasarkan variabel dan himpunan *fuzzy* yang digunakan melalui proses *defuzzifikasi.* Metode ini mampu menghasilkan *output* yang bersifat *crisp* (tegas), sehingga prediksi yang dihasilkan lebih akurat. Implementasi *fuzzy logic tsukamoto* memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih fleksibel dalam pengelolaan stok CPO karena mempertimbangkan ketidakpastian dalam faktor-faktor seperti permintaan, persediaan dan lainnya. Dengan pemrograman *python*, bebagai model prediksi dapat disimulasikan secara cepat dan efisien. Prediksi stok CPO dapat diimplementasikan dan diuji dengan lebih mudah. Kombinasi metode *fuzzy logic tsukamoto* dengan simulasi *python* memberikan pendekatan yang kuat dan fleksibel dalam memprediksi jumlah stok CPO, yang dapat digunakan sebagai referensi dalam memanajemen stok di perusahaan terkait. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan empat variabel *input* yang digunakan yaitu permintaan, persediaan, jumlah produksi dan biaya hasil produksi, diperoleh hasil prediksi jumlah stok *CPO* untuk periode Januari hingga Desember tahun 2024 menunjukkan nilai stok yang bervariasi yaitu 975.392kg (Januari), 1.841.421kg (Februari), 1.749.234kg (Maret), 2.225.936kg (April), 1.971.317kg (Mei), 1.511.526kg (Juni), 1.841.249kg (Juli), 1.164.668kg (Agustus), 1.165.217kg (September), 1.982.637kg (Oktober), 2.007.765kg (November) dan 2.003.270kg (Desember).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian penelitian ini. Terutama kepada kedua orang tua, manajer unit PKS Dolok Ilir, seluruh keluarga dan teman-teman yang selalu setia mendukung penulis sehingga penelitian ini dapat terselesaikan tepat waktu.

DAFTAR PUSTAKA

Aminah, Saputra, K., & Niska, D. Y. (2018). *Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Untuk Memprediksi Produksi Minyak Kelapa Sawit*. *April*, 23–29.

Anjani, F. A., & Marpaung, F. (2022). Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto , Mamdani Dan Sugeno Dalam Penentuan Jumlah Pemasukan Beras Optimum Pada Perum Bulog Divisi Regional. *Karismatika*, *8*(1), 37–51.

April, V. O. L. N. O., Jumlah, M., Sabun, P., & Pt, D. I. (2018). *11860-25586-1-Sm*. *4*(1), 81–99.

Basriati, M.Sc, S., & Safitri, M.Mat, E. (2021). Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto dalam Menentukan Jumlah Produksi Tahu. *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, *18*(1), 120. https://doi.org/10.24014/sitekin.v18i1.11022

Budi, D. A. (2021). Perancangan Sistem Login pada Aplikasi Berbasis GUI Menggunakan Qtdesigner Python. *Jurnal SIMADA (Sistem Informasi Dan Manajemen Basis Data)*, *4*(2), 92–100. https://doi.org/10.30873/simada.v4i2.2961

Cutting, V., & Stephen, N. (2021). A Review on using Python as a Preferred Programming Language for Beginners. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*,

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

8(8), 4258–4263.

Dominggus Norvindes Dellas, Ika Purnamasari, N. A. R. (2020). Fuzzy Inference System Menggunakan Metode Tsukamoto untuk Pengambilan Keputusan Produksi (Studi Kasus: PT Waru Kaltim Plantation). *Media Teknologi Informasi Dan Komputer (METIK)*, *2*, 2020.

Fadhlullah, N., Setiawansyah, S., & Surahman, A. (2022). Penerapan Teknologi Web Scraping Sebagai Pengumpulan Data Covid-19 Di Provinsi Lampung. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Perangkat Lunak*, *3*(1), 25–30. https://doi.org/10.33365/jatika.v3i1.1841

Fakhriansyah, M., Fathimahhayti, L. D., & Gunawan, S. (2022). G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan. *G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan*, *6*(2), 295–305. https://ejournal.uniramalang.ac.id/index.php/g-tech/article/view/1823/1229

Fikri, H., & Dessy, E. (2021). Peranan Sistem Informasi Akuntansi Persediaan Bahan Baku Dalam Menunjang Kelancaran Proses Produksi Dan Penjualan Studi Kasus Pada PT. Damar Bandha Jaya Corp. Bogor. *Jurnal Ilmiah Akuntansi Kesatuan*, *9*(1), 159–172.

Fitria, V. A., & Wasna, P. A. (2021). Prediksi Jumlah Produksi Barang pada UD. Sari Murni Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto. *JMT : Jurnal Matematika Dan Terapan*, *3*(1), 20–32. https://doi.org/10.21009/jmt.3.1.3

Hasna, N. A., & Purnama, R. A. (2021). Pengaruh Biaya Produksi dan Biaya Kualitas Terhadap Harga Jual yang Terdapat di PT. Akasha Wira International Tbk. *Jurnal Mahasiswa Akuntansi*, *2*(1), 214–231.

Ikromina, F. I., & Ujianto, E. I. (2019). Estimasi Jumlah Produksi CPO Kelapa Sawit Menggunakan Fuzzy Tsukamoto (Studi Kasus Pt Tapian Nadenggan). *Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi (JUSTIN)*, *7*(3), 193. https://doi.org/10.26418/justin.v7i3.33534

Ilham, W. (2022). Penerapan Fuzzy Tsukamoto Untuk Menentukan Jumlah Produksi Pupuk Dolomite Pada Pt. Nurman Sejahtera Berbasis Web. *Jurnal Digit*, *12*(1), 91. https://doi.org/10.51920/jd.v12i1.220

Juliana, E., & Kurniawan, R. (2021). Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto Dalam Memprediksi Jumlah Produksi Tmg. *Jurnal Ilmiah ILKOMINFO - Ilmu Komputer & Informatika*, *4*(1), 9–15. https://doi.org/10.47324/ilkominfo.v4i1.107

Kusumadewi,S.,dan Purnomo.,H.,(2004).*Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*.Graha Ilmu.Yogyakarta

Ma'arif, A. (2020). Buku Ajar Pemrograman Lanjut Bahasa Pemrograman Python Oleh : Alfian Ma ' Arif. *Universitas Ahmad Dahlan*, 62. http://eprints.uad.ac.id/32743/1/buku python.pdf

Mada, G. S., Lobo, M., & Pangaribuan, R. M. (2021). Analisis perbandingan fuzzy inference system Mamdani dan fuzzy inference system Tsukamoto dalam penentuan jumlah produksi pada UD.Batako "Cabang Farmasi" Kupang. *Jurnal Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika*, *9*(September), 978–623.

Muflihunna, K., & Mashuri, M. (2022). Penerapan Metode Fuzzy Mamdani dan Metode Fuzzy Sugeno dalam Penentuan Jumlah Produksi. *Unnes Journal of Mathematics*, *11*(1), 27–37. https://doi.org/10.15294/ujm.v11i1.50060

Nasastra, T., Kuantan Singingi, I., Jl Gatot Subroto, I. K., Nenas, K., Jake, D., & Kuantan Singingi, K. (2021). Penerapan Fuzzy Logic Tsukamoto untuk menentukan produksi minyak mentah (CPO) pada PT. Tri Bakti Sarimas. *Jurnal Perencanaan, Sains, Teknologi, Dan Komputer*, *4*(1), 922–928.

Novianto, S., & Putra, G. S. (2020). *Sistem Pendukung Keputusan Untuk Menentukan Jumlah Produksi Barang Di Cv. Budi Djaja Dengan Metode Tsukamoto*. 1–8.

Pardede,P.M.,(2005).*Manajemen Operasi dan Produksi*.Andi.Yogyakarta

Puspitasari, N., Prafanto, A., Ansyori, A., Wati, M., & Septiarini, A. (2022). Fuzzy Tsukamoto untuk Memprediksi Estimasi Persediaan Darah. *Journal MIND Journal | ISSN*, *7*(2), 188–203. https://doi.org/10.26760/mindjournal.v7i2.188-203

Ragestu, F. D., & Sibarani, A. J. P. (2020). Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Dalam Pemilihan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Siswa Teladan di Sekolah. *Teknika*, *9*(1), 9–15. https://doi.org/10.34148/teknika.v9i1.251

Rahmawati, Rahima Dina, & Wartono. (2020). Penerapan Metode Fuzzy Mamdani untuk Menentukan Jumlah Pendapatan Pegadaian Berdasarkan Jumlah Omset Harga Emas dan Kurs. *Buana Matematika : Jurnal Ilmiah Matematika Dan Pendidikan Matematika*, *10*(1), 89–104. https://doi.org/10.36456/buanamatematika.v10i1.2420

Resti, N. C. (2019). Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto untuk Menentukan Jumlah Produksi Obat Ikan di UD. Indo Multi Fish Tulungagung. *Journal Focus Action of Research Mathematic (Factor M)*, *1*(2), 106–113. https://doi.org/10.30762/factor_m.v1i2.1426

Rumfot, R., Lesnussa, Y. A., & Rahakbauw, D. L. (2024). Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani, Sugeno Dan Tsukamoto Untuk Menentukan Jumlah Produksi Batu Pecah. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, *12*(1), 157–168. https://doi.org/10.26740/mathunesa.v12n1.p157-168

Safitri, M. (2023). *Buku Ajar Pengantar Ilmu Ekonomi Penerbit Cv. Eureka Media Aksara*.

Setiadji.(2009).*Himpunan dan Logika Samar*,Edisi Pertama.Graha Ilmu.Yogyakarta

Soesianto,F.,dan Dwijono,.D.,(2003).*Logika Proposisional*,Edisi Pertama. Andi Offset.Yogyakarta

Stepani, Lestari, E. A., & Nurahman, D. (2023). Metode Fuzzy Tsukamoto Untuk Memprediksi Jumlah Produksi Pada Toko Serba Harga Murah Sampit Berdasarkan Data Persediaan Dan Jumlah Permintaan. *Jurnal Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi)*, *5*(2), 251–262.

Susilo,F.,(2006).*Himpunan dan Logika Kabur Serta Aplikasinya*,Edisi Kedua.Graha Ilmu.Yogyakarta

Tundo, T., Akbar, R., & Sela, E. I. (2020). Analisis Perbandingan Fuzzy Tsukamoto dan Sugeno dalam Menentukan Jumlah Produksi Kain Tenun Menggunakan Base Rule Decision Tree. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, *7*(1), 171. https://doi.org/10.25126/jtiik.2020701751

Widodo,T.S.,(2005).*Sistem Neuro Fuzzy untuk Pengolahan Informasi Pemodelan dan Kendali*,Edisi Pertama.Graha Ilmu.Yogyakarta

Yulianto, T., Solehah, I., Faisol, F., Amalia, R., & Tafrikan, M. (2023). Perbandingan Fuzzy Tsukamoto Dan Fuzzy Mamdani Dalam Memprediksi Intensitas Curah Hujan Di Kabupaten Sumenep. *Jurnal Aplikasi Teknologi Informasi Dan Manajemen (JATIM)*, *4*(1), 69–83. https://doi.org/10.31102/jatim.v4i1.2186

Yusup. (2020). Optimalisasi Pengendalian Persediaan Bahan Baku Tandan Buah Segar (Tbs) Dalam Produksi Crude Palm Oil (Cpo) Pada Pks Pt. Tunggal Yunus Estate Kabupaten Kampar. *Jurnal Riset Manajemen Indonesia*, *2*(1), 50–59.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Aplikasi Model ARIMA dan Modifikasinya dalam Peramalan Jumlah Penumpang di Pelabuhan Tanjung Perak

Jose Rizal[1*], Suwesti Puji Lestari[2], Angjeliana Nogo Tolok[3]
[1,2,3]Statistika: Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu, Indonesia
**Coresponding Author: jrizal04@unib.ac.id*

Abstrak, pada artikel ini, ditampilkan hasil pemodelan data deret waktu jumlah penumpang dari kapal kedatangan di pelabuhan Tanjung Perak untuk periode obeservasi 2012-2023. Model deret waktu yang diaplikasikan adalah Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) beserta modifikasinya, seperti ARIMA dengan menambahkan variabel eksogen (ARIMAX), ARIMA dengan menambahkan unsur musiman (SARIMA), dan ARIMA dengan menambahkan unsur musiman dan variabel eksogen (SARIMAX). Pada model ARIMAX dan SARIMAX, faktor eksternal seperti jumlah hari libur turut dipertimbangkan, karena diasumsikan faktor tersebut dapat mempengaruhi fluktuasi jumlah penumpang. Penelitian ini bertujuan memberikan prediksi jumlah penumpang kapal kedatangan di pelabuhan Tanjung Perak untuk beberapa bulan di tahun 2024, sehingga otoritas pelabuhan dapat mengoptimalkan sumber daya untuk meningkatkan efisiensi dan manajemen operasional. Kriteria pemilihan model terbaik dari keempat model yang diaplikasikan didasarkan pada nilai AIC, BIC, MAPE, RMSE, dan MAE terkecil, serta memperhatikan juga prilaku dari error model yang dihasilkan oleh masing-masing model, seperti sifat kebebasan dan kenormalan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model deret waktu terbaik untuk memodelkan jumlah penumpang adalah SARIMAX $(1,1,0)(1,1,1)^{12}$. Dari model ini, dapat dikatakan bahwa pola musiman dan faktor eksternal, yakni jumlah hari libur, memainkan peran penting dalam mempengaruhi fluktuasi jumlah penumpang kapal di pelabuhan Tanjung Perak.
Kata kunci: ARIMA; Deret Waktu; Jumlah Penumpang; Musiman; Variabel Eksogen

Abstract, *in this article, the results of time series modeling of the number of passengers arriving by ship at the Port of Tanjung Perak for the observation period 2012-2023 are presented. The applied time series models include the Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) and its modifications, such as ARIMA with the addition of exogenous variables (ARIMAX), ARIMA with the inclusion of seasonal elements (SARIMA), and ARIMA with both seasonal elements and exogenous variables (SARIMAX). In the ARIMAX and SARIMAX models, external factors such as the number of holidays are taken into consideration, as it is assumed that these factors may influence fluctuations in the number of passengers. This study aims to provide predictions of the number of ship passengers arriving at the Port of Tanjung Perak for several months in 2024, enabling port authorities to optimize resources for improved efficiency and operational management. The criteria for selecting the best model among the four applied models are based on the lowest AIC, BIC, MAPE, RMSE, and MAE values, while also considering the behavior of the model errors, such as independence and normality. The results of the study show that the best time series model for predicting the number of passengers is SARIMAX* $(1,1,0)(1,1,1)^{12}$*. This model indicates that both seasonal patterns and external factors, particularly the number of holidays, play a significant role in influencing fluctuations in the number of ship passengers at the Port of Tanjung Perak.*
Keywords*: ARIMA; Time Series; Passenger Count; Seasonal; Exogenous Variables.*

Citation : Rizal, J., dkk. (2024). Aplikasi Model ARIMA dan Modifikasinya dalam Peramalan Jumlah Penumpang di Pelabuhan Tanjung Perak. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 439 – 451

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

PENDAHULUAN

Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) telah banyak diterapkan dalam berbagai kasus di sejumlah bidang. Sebagai contoh, dalam permasalahan ekonomi (Majumder dkk., 2022) menggunakan ARIMA untuk meramalkan pergerakan harga saham dan inflasi, yang terbukti efektif dalam memodelkan volatilitas pasar. Di sektor energi, (Ozturk dan Ozturk, 2018) menggunakan ARIMA untuk memprediksi konsumsi energi di Turki, yang memungkinkan perencanaan energi yang lebih efisien. Di bidang kesehatan, (Alzahrani dkk., 2024) memanfaatkan ARIMA untuk memprediksi penyebaran penyakit menular seperti influenza, membantu para pemangku kebijakan dalam alokasi sumber daya medis. Selanjutnya, (Feng dan Cai, 2016) menerapkan ARIMA dalam sektor transportasi untuk memodelkan jumlah penumpang, yang membantu optimalisasi manajemen transportasi. Kasus terakhir, yakni pada bidang lingkungan, (Geetha dan Nasira, 2016) berhasil menggunakan ARIMA untuk meramalkan curah hujan, memberikan kontribusi penting dalam mitigasi bencana dan perencanaan pertanian. Studi-studi ini menunjukkan fleksibilitas dan keandalan ARIMA dalam menangani data deret waktu pada berbagai sektor, memperkuat posisinya sebagai metode peramalan yang efektif.

Modifikasi model ARIMA untuk meningkatkan akurasi prediksi mencakup penambahan unsur musiman (model SARIMA), melibatkan variabel eksogen (model ARIMAX), serta kombinasi keduanya (model SARIMAX). Model Seasonal ARIMA digunakan ketika data memiliki pola musiman yang berulang dalam interval tertentu, seperti yang diterapkan oleh (Falatouri dkk., 2022) untuk memprediksi penjualan ritel bulanan, di mana adanya siklus musiman seperti liburan memainkan peran penting. Sementara itu, model ARIMAX (ARIMA with exogenous variables) menambahkan variabel luar yang diasumsikan memengaruhi data deret waktu utama. Berikutnya, (Anggraeni dkk., 2017) menggunakan model ARIMAX untuk meramalkan harga komoditas pertanian dengan mempertimbangkan faktor-faktor eksternal. Model SARIMAX, yang merupakan gabungan dari kedua pendekatan ini, digunakan ketika data memiliki pola musiman dan juga dipengaruhi oleh variabel eksogen. Peneliti (Whitt dan Zhang, 2019) telah menunjukkan efektivitas SARIMAX dalam meramalkan jumlah pasien rumah sakit selama musim flu, dengan mempertimbangkan faktor-faktor musiman dan variabel eksogen seperti suhu dan kebijakan kesehatan. Dengan menggabungkan kedua pendekatan tersebut, SARIMAX menawarkan fleksibilitas yang lebih besar dalam memodelkan dinamika kompleks pada berbagai bidang.

Pada artikel ini, akan diaplikasikan keempat model deret waktu yang telah disebutkan sebelumnya pada permasalahan peramalan jumlah penumpang di pelabuhan Tanjung Perak. Hal ini menjadi penting untuk dilakukan karena dapat membantu para pemangku kepentingan dalam mengambil keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan sumber daya dan perencanaan operasional. Dengan menggunakan ARIMA; model ini dapat menangkap pola tren dan autokorelasi dari data penumpang, yang esensial untuk memahami fluktuasi musiman yang terjadi. Modifikasi seperti SARIMA memungkinkan integrasi unsur musiman, sehingga dapat mengidentifikasi periode puncak kedatangan penumpang, sementara ARIMAX dan SARIMAX menambahkan variabel eksogen yang dapat memengaruhi jumlah penumpang, seperti liburan dan kebijakan pemerintah. Dengan memodelkan semua faktor ini, pengelolan pelabuhan dapat mengoptimalkan penjadwalan armada, pengaturan fasilitas, dan alokasi tenaga kerja, sehingga meningkatkan efisiensi operasional dan kepuasan pengguna jasa. Penerapan model ini tidak hanya memberikan gambaran yang lebih akurat tentang arus penumpang di masa depan tetapi juga membantu dalam mitigasi risiko serta perencanaan kontinjensi di pelabuhan yang sibuk seperti Tanjung Perak.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Kebaruan ilmiah dari artikel ini terletak pada analisis komprehensif yang membandingkan performa model ARIMA dengan berbagai modifikasinya, yaitu SARIMA, ARIMAX, dan SARIMAX, dalam konteks pemodelan data deret waktu yang kompleks. Studi ini tidak hanya berfokus pada kemampuan ARIMA dalam menangkap pola tren dan autokorelasi, tetapi juga memperluas cakupan dengan mengintegrasikan unsur musiman melalui SARIMA, serta menguji pengaruh variabel eksogen pada model ARIMAX dan SARIMAX. Kebaruan utama dari penelitian ini adalah evaluasi empiris terhadap interaksi antara komponen musiman dan variabel eksogen secara simultan dalam model SARIMAX, yang belum banyak dieksplorasi dalam studi sebelumnya. Selain itu, penelitian ini juga memperhatikan perilaku error model yang dihasilkan oleh masing-masing model, seperti sifat kebebasan dan kenormalan, untuk memastikan bahwa asumsi-asumsi yang mendasari model terpenuhi. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi baru dalam pemilihan model terbaik berdasarkan akurasi prediksi, dengan menggunakan ukuran evaluasi seperti: *Akaike Information Criterion* (AIC), *Bayesian Information Criterion* (BIC), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), *Mean Absolute Error* (MAE), dan *Root Mean Square Error* (RMSE), yang menunjukkan kapan modifikasi ARIMA memberikan peningkatan yang signifikan dibandingkan model dasar ARIMA. Temuan ini dapat menjadi referensi bagi peneliti dan praktisi dalam memodelkan deret waktu di sektor-sektor yang dipengaruhi oleh faktor musiman dan eksternal secara bersamaan.

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan model yang akurat dan andal dalam memprediksi jumlah penumpang di pelabuhan Tanjung Perak di masa mendatang. Untuk mencapai tujuan tersebut, diaplikasikan model ARIMA beserta modifikasinya, seperti SARIMA, ARIMAX, dan SARIMAX, dimana parameter masing-masing model diperoleh berdasarkan data empiris jumlah penumpang di Pelabuhan Tanjung Perak dengan waktu observasi tahun 2012-2023. Dengan menganalisis data empiris pada periode tersebut, diharapkan dapat mengidentifikasi pola tren dan musiman yang dapat mempengaruhi kedatangan penumpang, serta mempertimbangkan faktor-faktor eksternal yang dapat berkontribusi pada fluktuasi jumlah penumpang, seperti jumlah hari libur dan kebijakan transportasi. Hasil dari peramalan ini diharapkan dapat membantu pihak pengelola pelabuhan dalam melakukan perencanaan yang lebih efektif, termasuk pengaturan jadwal kedatangan armada, pengelolaan fasilitas, dan penyesuaian kapasitas sumber daya manusia. Dengan demikian, penerapan model ARIMA beserta modofikasinya tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional pelabuhan tetapi juga berkontribusi pada peningkatan layanan.

METODE PENELITIAN

Pada bagian ini, diuraikan metode penelitian yang disusun terperinci dalam bentuk tahapan pemodelan data deret waktu jumlah penumpang kapal kedatangan di Pelabuhan Tanjung Perak untuk periode waktu observasi tahun 2012 sampai 2023. Tahap pengumpulan data dan identifikasi sumber data: Menentukan sumber data yang dapat diakses, seperti data dari otoritas pelabuhan, instansi pemerintah, atau database resmi. Pengumpulan data, yakni mengumpulkan data jumlah penumpang bulanan dari kapal kedatangan di Pelabuhan Tanjung Perak selama periode 2012-2023. Selanjutnya, dilakukan pembersihan data dengan cara memeriksa data untuk mendeteksi dan mengoreksi kesalahan, seperti data yang hilang, anomali, atau nilai ekstrem, untuk memastikan data yang digunakan berkualitas tinggi.

Analisis data awal eksplorasi data menggunakan visualisasi, seperti grafik garis, histogram, dan boxplot, untuk menganalisis distribusi dan pola dalam data. Identifikasi tren dan musiman dengan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

cara menganalisis data untuk mengidentifikasi pola tren jangka panjang dan fluktuasi musiman yang mungkin ada. Pengujian stasioneritas melalui uji stasioneritas menggunakan uji Augmented Dickey-Fuller (ADF). Persamaan untuk uji ADF didasarkan pada bentuk regresi untuk menguji keberadaan akar unit (Paparoditis dan Politis, 2018). Uji ADF merupakan variasi dari uji Dickey-Fuller standar yang memperhitungkan lag dari perbedaan deret waktu untuk menangani adanya korelasi serial. Berikut persamaan dasar yang digunakan dalam uji ADF yang dimaksud:

$$\Delta Y = \alpha_0 + \beta_t + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \delta_i \, \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (1)$$

dimana Y_t merupakan variabel deret waktu yang dimodelkan, ΔY_t merupakan variabel yang menyatakan hasil perubahan pertama dari Y_t, α_0 merupakan parameter *intercept* dari model, β_t merupakan parameter yang mewakili tren deterministik, γ merupakan parameter yang digunakan untuk mengidentifikasi adanya akar unit, dan ε_t merupakan variabel kesalahan untuk waktu t. Hipotesis yang diuji adalah hipotesis nol (H_0): $\gamma = 0$ (deret waktu memiliki akar unit, sehingga non-stasioner), dengan ketentuan hipotesis nol ditolak bila *p-value* < α (0.05).

Penerapan Model ARIMA, meliputi identifikasi dan menentukan parameter model ARIMA (p, d, q) melalui analisis plot *Autocorrelation Function* (ACF) dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF). Bentuk umum model ARIMA (p, d, q) adalah sebagai berikut,

$$\emptyset(B)(1-B)^d Y_t = \mu + \theta(B)\varepsilon_t. \quad (2)$$

estimasi model diperoleh menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE), untuk menghitung parameter model berdasarkan data empiris yang digunakan. Untuk diagnostik model, seperti: menguji residual model untuk memastikan tidak ada pola yang tersisa, menggunakan grafik residual, uji Ljung-Box, dan pengujian normalitas dari galat.

Penerapan Model Modifikasi ARIMA. Modifikasi pertama model ARIMAX, meliputi penyusunan model ARIMAX dengan menambahkan variabel eksogen yang relevan, seperti jumlah hari libur, untuk mengukur dampaknya terhadap jumlah penumpang. Bentuk umum model ARIMAX (p, d, q) dengan variabel eksogen X_t adalah sebagai berikut,

$$(1-B)^d \phi_p(B) Y_t = \theta_q(B)\varepsilon_t + \gamma_{1,t} X_{1,t} + \cdots + \gamma_{r,t} X_{r,t} \quad (3)$$

modifikasi kedua model SARIMA, yakni menerapkan model SARIMA dengan mempertimbangkan faktor musiman $(P,D,Q)^s$ untuk mengatasi pola musiman dalam data. Bentuk umum model tersebut adalah sebagai berikut:

$$\Phi_P\,(B^S)\,\phi_p\,(B)\,(1-B)^d\,(1-B^S)^D\,Y_t = \Theta_Q\,(B^S)\,\theta_q\,(B)\,a^t \quad (4)$$

modifikasi ketiga model SARIMAX, yakni dengan menggabungkan unsur musiman dan variabel eksogen dalam model SARIMAX untuk menangkap interaksi kompleks antara faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah penumpang. Bentuk umum model tersebut adalah sebagai berikut:

$$Y_t = \beta\, X_t + \beta_1 X_{1,t} + \ldots + \beta_j\, X_{j,t} + \left(\frac{\Theta_Q\,(B^S)\,\theta_q\,(B)}{\Phi_P\,(B^S)\,\phi_p\,(B)\,(1-B)^d\,(1-B^S)^D}\, a_t\right) \quad (5)$$

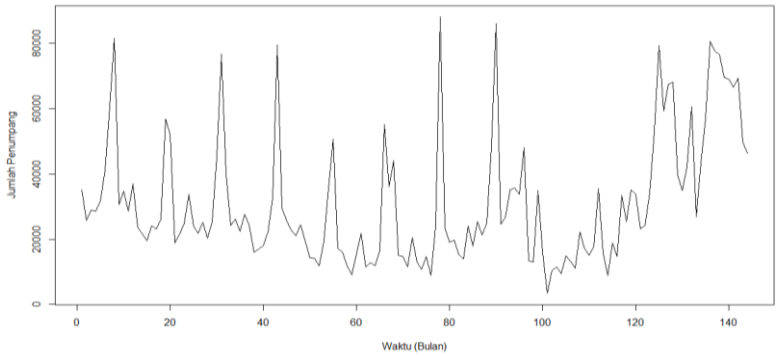
Evaluasi kinerja keempat model. Ukuran pertama menggunakan kriteria AIC dan BIC terkecil, berikut formula dari kedua kriteria tersebut, $\text{AIC} = 2\text{k} - 2\ln(\text{Log llk})$ dan $\text{BIC} = \text{k}\ln(\text{T}) - 2\ln(\text{Log llk})$. Ukuran kedua berdasarkan penghitungan metrik akurasi menggunakan kriteria MAPE $= \left(\frac{100\%}{\text{n}}\right)\sum_{\text{t=1}}^{\text{n}} \frac{|\text{Y}_\text{t} - \hat{\text{Y}}_\text{t}|}{\text{Y}_\text{t}}$, RMSE $= \sqrt{\frac{1}{\text{n}}\sum_{\text{t=1}}^{\text{n}}\left(\text{Y}_\text{t} - \hat{\text{Y}}_\text{t}\right)^2}$, dan MAE $= \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\text{Y}_\text{t} - \hat{\text{Y}}_\text{t}\right|$, untuk menilai sejauh mana prediksi model menyimpang dari nilai aktual. Ukuran ketiga adalah dengan mengalisis residual dari masing-masing model, secara spesifik dengan memperhatikan perilaku error model, dengan

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

menguji sifat kebebasan (autokorelasi residual) dan kenormalan (uji normalitas residual), serta memverifikasi apakah model memenuhi asumsi yang diperlukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini mencakup jumlah penumpang kapal yang datang ke Pelabuhan Tanjung Perak dari bulan Januari 2012 hingga Desember 2023. Dalam analisis ini, data eksogen yang digunakan adalah jumlah hari libur yang ditetapkan berdasarkan Kalender Akademik Nasional. Data tersebut merupakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi DKI Jakarta serta Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. Dengan menggunakan data yang valid dan terpercaya ini, penelitian bertujuan untuk memberikan pemodelan yang akurat terhadap jumlah penumpang. Selanjutnya, berikut disajikan visualisasi jumlah penumpang selama periode 144 bulan yang menunjukkan pola dan tren yang dapat dianalisis lebih lanjut.

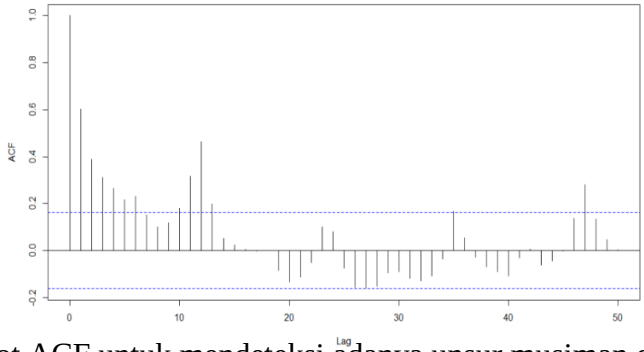


Gambar 1. jumlah penumpang kapal datang ke Pelabuhan Tanjung Perak setiap bulan (Januari 2012 s.d. Desember 2023)

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 144 data jumlah penumpang kapal kedatangan di Pelabuhan Tanjung Perak, yang akan dibagi menjadi data training dan testing. Pembagian dilakukan dengan proporsi 92% untuk data training dan 8% untuk data testing, yang bertujuan untuk memastikan bahwa model dapat dilatih secara optimal sebelum diuji dengan data baru. Dalam hal ini, data training mencakup 133 data pertama, sedangkan 11 data terakhir digunakan sebagai data testing untuk mengevaluasi kinerja prediksi model. Pembagian ini juga berlaku untuk data eksogen, yaitu jumlah hari libur, yang akan digunakan untuk membantu model dalam memahami pengaruh faktor eksternal terhadap jumlah penumpang. Proporsi ini diharapkan dapat menghasilkan model yang akurat dan handal dalam memprediksi jumlah penumpang di masa mendatang.

Selanjutnya, untuk mengidentifikasi pola musiman dalam data, akan dilakukan analisis menggunakan plot *Autocorrelation Function* (ACF) dengan lag 50 (Gambar 2). Plot ACF ini akan membantu dalam mengeksplorasi hubungan antara observasi yang ada dalam rentang waktu yang berbeda, sehingga dapat dilihat adanya pola musiman yang signifikan. Dengan memeriksa nilai-nilai autokorelasi pada berbagai lag, dapat diidentifikasi apakah terdapat siklus musiman yang berulang dan seberapa kuat pengaruhnya terhadap jumlah penumpang kapal yang datang ke Pelabuhan Tanjung Perak. Analisis ini sangat penting untuk pemodelan yang lebih akurat, karena memahami pola musiman dapat membantu dalam menentukan parameter yang tepat untuk model ARIMA dan modifikasinya. Dengan demikian, hasil dari plot ACF ini akan menjadi langkah awal yang krusial dalam proses pemodelan data deret waktu.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan



Gambar 2. Grafik plot ACF untuk mendeteksi adanya unsur musiman data jumlah penumpang (Januari 2012 s.d. Desember 2023) yang dimodelkan

Dapat dilihat bahwa pada grafik plot ACF di Gambar 2, hampir pada setiap lag 12 terdapat nilai autokorelasi yang menunjukkan hubungan yang signifikan. Hal ini mengindikasikan adanya pola musiman yang jelas dalam jumlah penumpang kapal yang datang ke Pelabuhan Tanjung Perak, di mana fluktuasi jumlah penumpang cenderung berulang setiap tahun. Keberadaan autokorelasi yang signifikan pada interval lag tersebut menguatkan asumsi bahwa faktor musiman memainkan peran penting dalam mempengaruhi jumlah penumpang, dan ini harus dipertimbangkan dalam pemodelan data deret waktu. Dengan demikian, informasi ini memberikan dasar yang kuat untuk memilih model yang sesuai, seperti SARIMA, yang dapat menangkap pola musiman ini dengan lebih efektif.

Tabel 1. Rekapitulasi pengujian stasioneritas data yang dimodelkan terhadap variansi dan rata-rata

Variabel	Stasioner dalam variansi		Stasioner dalam rata-rata	
	Transformasi	**Nilai λ**	**Diferensiasi**	***p-value***
Jumlah penumpang	Sebelum	-0.893	Sebelum	0.184
	Pertama	1.999	Pertama	0.010
	Kedua	1.039		

Berdasarkan hasil analisis stasioneritas dalam variansi dan rata-rata untuk variabel jumlah penumpang yang ditampilkan pada Tabel 1, dapat diinterpretasikan sebagai berikut: Sebelum transformasi, variabel jumlah penumpang tidak stasioner dalam variansi dengan nilai parameter transformasi λ sebesar -0.893. Setelah transformasi pertama, nilai λ meningkat menjadi 1.999, menunjukkan adanya peningkatan stabilitas variansi, dan kemudian setelah transformasi kedua, λ menjadi 1.039, yang mendekati nilai ideal untuk stasioneritas. Dalam hal pengujian stasioneritas dalam rata-rata, variabel jumlah penumpang sebelum diferensiasi memiliki *p-value* sebesar 0.184, lebih besar dari 0.05, yang berarti variabel tersebut tidak stasioner dalam rata-rata. Setelah diferensiasi pertama, *p-value* turun menjadi 0.01, yang lebih kecil dari 0.05, menunjukkan bahwa variabel menjadi stasioner dalam rata-rata. Ini mengindikasikan bahwa diperlukan transformasi dan diferensiasi untuk mencapai stasioneritas baik dalam variansi maupun rata-rata, yang merupakan syarat penting untuk membangun model deret waktu yang akurat.

Tabel 2. Rekapitulasi estimasi parameter dan tingkat signifikansinya dari beberapa model ARIMA

Model	*Goodness of fit*			Bagian	Koefisien	Statistik uji	*P-value*
	Log llk	**AIC**	**BIC**				
ARIMA (0,1,1)	-1458.02	2920.04	2925.79	MA (1)	-0.640	-4.245	0.000022
ARIMA (0,1,2)	-1450.51	2907.02	2915.65	MA (1)	-0.491	-6.146	0.000036
				MA (2)	-0.334	-4.132	0.000000
ARIMA (1,1,0)	-1463.29	2930.58	2936.33	AR (1)	-0.234	-2.759	0.005790
ARIMA (1,1,1)	-1450.18	2906.36	2914.99	AR (1)	0.454	4.135	0.000035
				MA (1)	-0.948	-14.210	0.000000
ARIMA (1,1,2)	-1449.95	2907.90	2919.40	AR (1)	0.291	1.0773	0.281349
				MA (1)	-0.758	-2.712	0.006684
				MA (2)	-0.151	-0.714	0.474644

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Berdasarkan Tabel 2, model ARIMA (1,1,1) merupakan model yang sesuai untuk data empiris yang dimodelkan, dikarenakan memiliki nilai AIC dan BIC terkecil. Selanjutnya, koefisien AR (1) sebesar 0.4542 (*p-value* = 0.000035) dan MA (1) sebesar -0.9481 (*p-value* = 0.000000) keduanya sangat signifikan, menunjukkan bahwa komponen *autoregressive* dan *moving average* secara signifikan berkontribusi dalam model ini. Nilai AIC dan BIC yang paling rendah di antara semua model yang diuji menunjukkan bahwa model ini memberikan keseimbangan terbaik antara kecocokan data dan jumlah parameter yang digunakan.

Tabel 3. Rekapitulasi estimasi parameter dan tingkat signifikansinya dari beberapa model ARIMAX

Model	*Goodness of fit*			Bagian	Koefisien	Statistik uji	*P-value*
	Log llk	AIC	BIC				
ARIMAX (0,1,1)	-1425.95	2857.89	2857.91	MA (1)	-0.640	-7.316	2.56×10^{-13}
				Xreg	1870.910	8.899	2.20×10^{-16}
ARIMAX (0,1,2)	-1425.47	2858.95	2870.45	MA (1)	-0.599	-6.691	2.21×10^{-11}
				MA (2)	-0.099	-0.992	3.21×10^{-01}
				Xreg	1801.860	7.902	2.75×10^{-15}
ARIMAX (1,1,0)	-1432.57	2871.15	2879.77	AR (1)	-0.235	-5.093	3.53×10^{-07}
				Xreg	1810.830	8.927	2.20×10^{-16}
ARIMAX (1,1,1)	-1425.27	2858.54	2870.04	AR (1)	0.207	1.271	2.04×10^{-01}
				MA (1)	-0.788	-6.972	3.14×10^{-12}
				Xreg	1769.920	7.563	3.94×10^{-14}
ARIMAX (1,1,2)	-1423.34	2856.68	2871.05	AR (1)	0.835	9.505	2.20×10^{-16}
				MA (1)	-1.468	10.934	2.20×10^{-16}
				MA (2)	0.468	3.548	3.89×10^{-04}
				Xreg	1805.720	8.419	2.20×10^{-16}

Dari Tabel 3, beberapa hal dapat dijelaskan sebagai berikut. Berdasarkan hasil analisis model ARIMAX (1,1,1) dengan variabel eksternal Xreg, model ini menunjukkan tingkat penyesuaian yang baik terhadap data. Nilai log likelihood sebesar -1425.27 menunjukkan bahwa model mampu menggambarkan pola data, meskipun log likelihood lebih sering digunakan sebagai dasar perhitungan untuk kriteria seperti AIC dan BIC. Dalam hal ini, nilai AIC sebesar 2858.54 dan BIC sebesar 2870.04 mengindikasikan ukuran kebaikan penyesuaian model dengan penalti untuk kompleksitas model. Sebagai catatan, kriteria AIC lebih fokus pada ketepatan model untuk prediksi, sedangkan BIC lebih memperhitungkan jumlah parameter dalam model. Semakin rendah nilai AIC dan BIC, semakin baik model dalam menyesuaikan data.

Parameter AR(1) dalam model ini memiliki koefisien sebesar 0.207 dengan *p-value* yang tidak signifikan, menunjukkan bahwa komponen autoregresif ini tidak memberikan kontribusi yang berarti dalam menjelaskan pola data. Artinya, nilai-nilai pada waktu sebelumnya tidak memiliki pengaruh yang kuat terhadap nilai saat ini, sehingga komponen AR mungkin dapat diabaikan dalam perbaikan model. Sebaliknya, komponen MA(1) memiliki koefisien -0.7876 dengan *p-value* signifikan, yang mengindikasikan bahwa fluktuasi dari periode sebelumnya berperan penting dalam memengaruhi nilai saat ini. Koefisien negatif dari MA(1) menunjukkan bahwa kesalahan dari periode sebelumnya membantu mengoreksi nilai saat ini, memberikan stabilitas pada model. Selain itu, variabel eksternal yang diwakili oleh Xreg memiliki koefisien positif sebesar 1769.92 dengan *p-value* signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa Xreg memiliki pengaruh yang kuat terhadap variabel yang diprediksi oleh model ARIMAX. Dengan kata lain, peningkatan pada Xreg berkorelasi positif dengan peningkatan pada nilai prediksi, sehingga variabel eksternal ini menjadi faktor yang penting untuk diperhitungkan dalam model.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Secara keseluruhan, model ARIMAX (1,1,1) ini memiliki kekuatan prediksi yang baik berkat adanya komponen MA(1) dan variabel eksternal Xreg, meskipun komponen AR(1) tidak signifikan. Kombinasi antara kemampuan model dalam memanfaatkan pola kesalahan masa lalu dan pengaruh signifikan dari variabel eksternal membuat model ini dapat memberikan prediksi yang lebih akurat. Pemahaman terhadap peran setiap komponen ini penting untuk memilih model yang tepat dalam analisis lebih lanjut atau untuk diterapkan pada masalah praktis yang relevan.

Tabel 4. Rekapitulasi estimasi parameter dan tingkat signifikansinya dari beberapa model SARIMA

Model	***Goodness of fit***			**Bagian**	**Koefisien**	**Statistik uji**	***P-value***
	Log llk	**AIC**	**BIC**				
SARIMA $(1,1,0)\ (1,1,0)^{12}$	-1315.91	2637.81	2646.15	AR1	-0.350	-40.526	$5.07\ x\ 10^{-02}$
				SAR1	-0.043	-0.450	$6.53\ x\ 10^{-01}$
SARIMA $(1,1,0)\ (1,1,1)^{12}$	-1310.54	2629.09	2640.20	AR1	-0.341	-39.630	$7.40\ x\ 10^{-13}$
				SAR1	0.645	67.291	$1.71\ x\ 10^{-08}$
				SMA1	-0.999	-92.836	$2.20\ x\ 10^{-16}$
SARIMA $(1,1,0)\ (1,1,2)^{12}$	1309.28	2628.56	2642.45	AR1	-0.328	-37.815	$1.56\ x\ 10^{-04}$
				SAR1	0.475	30.548	$2.25\ x\ 10^{-03}$
				SMA1	-0.766	-39.580	$7.56\ x\ 10^{-02}$
				SMA2	-0.233	-15.893	$1.12\ x\ 10^{-01}$
SARIMA $(1,1,1)\ (1,1,0)^{12}$	-1308.94	2625.88	2636.99	AR1	0.244	14.689	$1.42\ x\ 10^{-01}$
				MA1	-0.761	-62.418	$4.33\ x\ 10^{-07}$
				SAR1	-0.062	-0.625	$5.32\ x\ 10^{-01}$
SARIMA $(1,1,1)\ (1,1,1)^{12}$	-1302.96	2615.91	2629.81	AR1	0.237	15.453	$1.22\ x\ 10^{-01}$
				MA1	-0.760	-68.989	$5.24\ x\ 10^{-09}$
				SAR1	0.602	60.281	$1.66\ x\ 10^{-06}$
				SMA1	-0.999	-83.392	$2.20\ x\ 10^{-16}$
SARIMA $(1,1,1)\ (1,1,2)^{12}$	-1309.28	2615.27	2631.94	AR1	0.248	15.331	$1.25\ x\ 10^{-01}$
				MA1	-0.759	-64.093	$1.46\ x\ 10^{-07}$
				SAR1	0.407	23.753	$1.75\ x\ 10^{-02}$
				SMA1	-0.741	-34.643	$5.32\ x\ 10^{-04}$
				SMA2	-0.258	-16.183	$1.05\ x\ 10^{-01}$
SARIMA $(1,1,2)\ (1,1,0)^{12}$	-1307.88	2625.77	2639.67	AR1	0.841	82.071	$2.27\ x\ 10^{-13}$
				MA1	-0.141	-90.541	$2.20\ x\ 10^{-16}$
				MA2	0.431	29.665	$3.01\ x\ 10^{-03}$
				SAR1	-0.045	-0.449	$6.53\ x\ 10^{-01}$
SARIMA $(1,1,2)\ (1,1,1)^{12}$	-1302.87	2617.74	2634.41	AR1	-0.085	-0.139	$8.89\ x\ 10^{-01}$
				MA1	-0.431	-0.709	$4.77\ x\ 10^{-01}$
				MA2	-0.203	-0.569	$5.69\ x\ 10^{-01}$
				SAR1	0.597	59.610	$2.51\ x\ 10^{-06}$
				SMA1	-0.999	-83.419	$2.20\ x\ 10^{-16}$
SARIMA $(1,1,2)\ (1,1,2)^{12}$	-1301.39	2616.79	2636.24	AR1	-0.190	-0.373	$7.09\ x\ 10^{-01}$
				MA1	-0.310	-0.623	$5.33\ x\ 10^{-01}$
				MA2	-0.272	-0.973	$3.30\ x\ 10^{-01}$
				SAR1	0.389	22.496	$2.44\ x\ 10^{-02}$
				SMA1	-0.723	-33.649	$7.65\ x\ 10^{-04}$
				SMA2	-0.276	-17.049	$8.82\ x\ 10^{-02}$

Berdasarkan Tabel 4, model SARIMA $(1,1,0)(1,1,1)^{12}$ menunjukkan performa yang baik dalam menyesuaikan data. Nilai log likelihood sebesar -1310.54 menunjukkan kemampuan model ini dalam menangkap pola data secara keseluruhan, meskipun nilai ini lebih sering digunakan sebagai dasar untuk kriteria lainnya seperti AIC dan BIC. Nilai AIC sebesar 2629.09 dan BIC sebesar 2640.2 menunjukkan bahwa model SARIMA ini memiliki ukuran kebaikan penyesuaian yang baik, terutama jika dibandingkan dengan model ARIMA dan ARIMAX yang sebelumnya digunakan. Nilai AIC dan BIC yang lebih rendah mengindikasikan bahwa model ini lebih efisien dalam menyeimbangkan kompleksitas model dengan kemampuan untuk menjelaskan data. Dengan kata lain, model SARIMA ini cenderung lebih optimal dalam memprediksi pola musiman yang muncul secara berkala. Selain

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

itu, parameter-parameter yang digunakan dalam model ini menunjukkan tingkat signifikansi yang kuat, artinya setiap komponen dalam model memberikan kontribusi yang berarti dalam memodelkan pola data yang ada. Dengan demikian, model SARIMA $(1,1,0)(1,1,1)^{12}$ ini lebih tepat dalam menangani data yang memiliki pola musiman dibandingkan dengan model ARIMA dan ARIMAX sebelumnya, menjadikannya pilihan yang lebih akurat untuk prediksi dalam jangka waktu yang mempertimbangkan faktor musiman.

Tabel 5. Rekapitulasi estimasi parameter dan tingkat signifikansinya dari beberapa model SARIMAX

Model	*Goodness of fit*			Bagian	Koefisien	Statistik uji	*P-value*
	Log llk	AIC	BIC				
SARIMAX $(1,1,0)\ (1,1,0)^{12}$	-1309.75	2627.85	2638.61	AR1	-0.314	-36.171	2.97×10^{-04}
				SAR1	-0.184	-17.539	7.94×10^{-02}
				Xreg	1511.334	37.009	2.15×10^{-04}
SARIMAX $(1,1,0)\ (1,1,1)^{12}$	-1299.66	2609.32	2623.22	AR1	-0.339	-39.024	9.53×10^{-02}
				SAR1	0.357	30.292	2.45×10^{-03}
				SMA1	-0.999	-99.737	2.20×10^{-16}
				Xreg	2015.685	51.893	2.11×10^{-04}
SARIMAX $(1,1,0)\ (1,1,2)^{12}$	-1298.73	2609.46	2626.14	AR1	-3.551	-40.064	6.16×10^{-02}
				SAR1	-0.003	-0.009	9.92×10^{-01}
				SMA1	-0.619	-19.397	5.24×10^{-02}
				SMA2	-0.380	-12.556	2.09×10^{-01}
				Xreg	2087.330	52.047	1.94×10^{-04}
SARIMAX $(1,1,1)\ (1,1,0)^{12}$	-1302.54	2615.09	2628.98	AR1	0.281	17.386	8.21×10^{-02}
				MA1	-0.765	-65.483	5.80×10^{-13}
				SAR1	-0.200	-18.836	5.96×10^{-02}
				Xreg	1582.120	37.711	0.0001625
SARIMAX $(1,1,1)\ (1,1,1)^{12}$	-1292.22	2596.45	2613.12	AR1	0.190	11.856	2.35×10^{-01}
				MA1	-0.714	-60.319	1.62×10^{-06}
				SAR1	0.333	28.414	4.49×10^{-03}
				SMA1	-0.999	-93.512	2.20×10^{-16}
				Xreg	2043.912	51.493	2.61×10^{-04}
SARIMAX $(1,1,1)\ (1,1,2)^{12}$	-1291.11	2596.22	2615.67	AR1	0.152	0.9323	3.51×10^{-01}
				MA1	-0.700	-57.005	1.20×10^{-05}
				SAR1	-0.159	-0.358	7.20×10^{-01}
				SMA1	-0.493	-12.503	2.11×10^{-01}
				SMA2	-0.505	-13.302	1.83×10^{-01}
				Xreg	2144.517	52.368	1.63×10^{-04}
SARIMAX $(1,1,2)\ (1,1,0)^{12}$	-1302.27	2616.54	2633.21	AR1	-0.168	-0.414	6.78×10^{-01}
				MA1	-0.302	-0.768	4.42×10^{-01}
				MA2	-0.271	-12.952	1.95×10^{-01}
				SAR1	-0.197	-18.332	6.67×10^{-02}
				Xreg	1632.547	38.952	9.80×10^{-07}
SARIMAX $(1,1,2)\ (1,1,1)^{12}$	-1291.81	2597.62	2617.07	AR1	-0.285	-0.763	4.44×10^{-01}
				MA1	-0.219	-0.610	5.41×10^{-01}
				MA2	-0.301	-15.265	1.26×10^{-01}
				SAR1	0.341	29.338	3.34×10^{-03}
				SMA1	-100.000	-94.855	2.20×10^{-16}
				Xreg	2043.310	52.102	1.89×10^{-04}
SARIMAX $(1,1,2)\ (1,1,2)^{12}$	-1290.64	2597.29	2619.52	AR1	-0.359	-0.987	3.23×10^{-01}
				MA1	-0.165	-0.474	6.35×10^{-01}
				MA2	-0.332	-17.083	8.75×10^{-02}
				SAR1	-0.13649	-0.3195	7.49×10^{-01}
				SMA1	-0.500	-13.164	1.88×10^{-01}
				SMA2	-0.499	-13.651	1.72×10^{-01}
				Xreg	2126.763	52.071	1.92×10^{-04}

Berdasarkan Tabel 5, model SARIMAX $(1,1,0)(1,1,1)^{12}$ menunjukkan kemampuan yang baik dalam menangani pola musiman pada data yang diamati. Model ini dapat memanfaatkan informasi

dari periode sebelumnya serta pola musiman secara efektif. Parameter AR(1) memiliki koefisien sebesar -0.339 dengan *p-value* < 0.05, yang menunjukkan bahwa nilai satu periode sebelumnya memiliki pengaruh cukup signifikan terhadap nilai saat ini, meskipun signifikansinya tidak terlalu kuat. Hal ini mengindikasikan adanya keterkaitan antara nilai saat ini dengan nilai di periode sebelumnya, meski pengaruhnya agak lemah. Parameter SAR(1) menunjukkan pengaruh dari nilai pada satu musim sebelumnya terhadap nilai saat ini, dengan koefisien sebesar 0.357 dan *p-value* yang sangat rendah (0.0024). Ini menunjukkan bahwa model secara efektif menangkap pola musiman, di mana pengaruh dari satu musim sebelumnya sangat signifikan dalam menentukan nilai saat ini. Selain itu, parameter SMA(1) memiliki koefisien sebesar -0.999 serta nilai *p-value* yang sangat rendah, yakni 2.20×10^{-16}, menunjukkan bahwa model ini mampu mengoreksi efek kesalahan musiman dengan sangat baik, sehingga mengurangi ketidakakuratan dari periode sebelumnya. Secara keseluruhan, kombinasi dari parameter AR(1), SAR(1), dan SMA(1) memungkinkan model untuk memetakan hubungan temporal dan musiman dalam data dengan baik, menjadikannya alat yang akurat untuk memprediksi data yang memiliki komponen musiman.

Tabel 6. Rekapitulasi hasil uji kinerja dari empat model deret waktu yang diaplikasikan

Model yang diaplikasikan	Dalam sampel			Luar sampel		
	MAPE	**RMSE**	**MAE**	**MAPE**	**RMSE**	**MAE**
ARIMA (1,1,1)	90.31	19368.69	16615.27	41.80	29028.22	26095.74
ARIMAX (1,1,2)	57.41	14513.03	11019.51	43.16	32035.31	28288.75
SARIMA $(1,1,0)\ (1,1,1)^{12}$	378.36	73561.98	69837.02	22.06	13580.11	11481.96
SARIMAX $(1,1,0)\ (1,1,1)^{12}$	253.89	48083.32	45438.47	16.20	13091.49	8799.07

Berdasarkan Tabel 6 dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut. model SARIMAX $(1,1,0)(1,1,1)^{12}$ menunjukkan performa terbaik dalam hal prediksi untuk data di luar sampel dibandingkan dengan model ARIMA (1,1,1), ARIMAX (1,1,2), dan SARIMA $(1,1,0)(1,1,1)^{12}$. Hal ini ditunjukkan oleh nilai-nilai error yang lebih rendah pada data di luar sampel, yaitu MAPE sebesar 16.20, RMSE sebesar 13091.49, dan MAE sebesar 8799.07. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa model SARIMAX mampu menangkap pola data secara akurat saat melakukan prediksi di luar sampel, terutama dibandingkan dengan model lainnya. Model SARIMA $(1,1,0)(1,1,1)^{12}$ juga menunjukkan hasil yang cukup baik pada data di luar sampel dengan nilai MAPE = 22.06, RMSE =13580.11, dan MAE = 11481.96, tetapi performanya masih sedikit tertinggal dibandingkan dengan model SARIMAX. Kedua model ini menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam menangani pola musiman yang ada pada data. Sementara itu, model ARIMA (1,1,1) dan ARIMAX (1,1,2) menunjukkan performa yang lebih rendah pada data di luar sampel, dengan nilai MAPE masing-masing sebesar 41.80 dan 43.16, serta RMSE dan MAE yang lebih tinggi dibandingkan dengan model musiman. Meskipun model ARIMAX menunjukkan peningkatan performa dibandingkan dengan ARIMA pada data di dalam sampel, perbedaannya tidak sebanding pada data di luar sampel, menunjukkan ARIMAX tidak cukup mampu mengakomodasi variasi musiman seperti halnya SARIMAX.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa model SARIMAX $(1,1,0)(1,1,1)^{12}$ menjadi pilihan terbaik untuk memprediksi data yang memiliki pola musiman, karena memberikan hasil yang lebih akurat dengan tingkat kesalahan yang lebih rendah, baik dalam ukuran MAPE, RMSE, maupun MAE pada data di luar sampel. Ini menunjukkan bahwa SARIMAX lebih efektif dalam menangkap pola temporal dan musiman yang ada pada data, menjadikannya lebih unggul dibandingkan model ARIMA dan ARIMAX.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Tabel 7. Rekapitulasi hasil uji *white noise* dan kenormalan dari empat model deret waktu terpilih

Model	Uji *white noise* (H_0: residual *white noise*)			Uji kenormalan (H_0: residual berdistribusi normal)		
	Statistik uji	***p-value***	**Simpulan**	**Statistik uji**	***p-value***	**Simpulan**
ARIMA (1,1,1)	4.32×10^{-2}	0.835	H_0 ditolak	0.636	2.20×10^{-16}	H_0 ditolak
ARIMAX (1,1,2)	1.98×10^{-3}	0.872	H_0 ditolak	0.628	2.20×10^{-16}	H_0 ditolak
SARIMA $(1,1,0)(1,1,1)^{12}$	1.33×10^{0}	0.248	H_0 ditolak	0.576	2.20×10^{-16}	H_0 ditolak
SARIMAX $(1,1,0)(1,1,1)^{12}$	1.73×10^{0}	0.188	H_0 ditolak	0.572	2.20×10^{-16}	H_0 ditolak

Berdasarkan hasil uji *white noise* dan uji kenormalan pada model ARIMA dan modifikasinya (lihat Tabel 7), dapat diuraikan bahwa seluruh model yang diaplikasikan, yakni ARIMA (1,1,1), ARIMAX (1,1,2), SARIMA $(1,1,0)(1,1,1)^{12}$, dan SARIMAX $(1,1,0)(1,1,1)^{12}$, menunjukkan bahwa residualnya belum memenuhi sifat *white noise*, terlihat dari nilai *p-value* yang lebih besar dari 0.05. Hal ini menunjukkan adanya pola yang belum sepenuhnya tereliminasi oleh model, sehingga masih terdapat informasi dalam residual. Selain itu, hasil uji kenormalan pada setiap model menunjukkan nilai *p-value* sebesar 2.20×10^{-16}, yang jauh lebih kecil dari 0.05, sehingga dapat disimpulkan bahwa residual dari masing-masing model tidak berdistribusi normal. Ketidaknormalan dan adanya pola dalam residual menunjukkan bahwa model yang dipilih belum mampu menangkap seluruh variasi data secara optimal. Ini dapat mengindikasikan perlunya model alternatif atau penyesuaian lebih lanjut, seperti transformasi data atau penggunaan model dengan struktur lebih kompleks untuk memperbaiki kualitas prediksi. Karena model ARIMA dan modifikasinya sangat bergantung pada asumsi kenormalan residual, pelanggaran ini dapat memengaruhi akurasi prediksi yang dihasilkan dan interpretasi yang diberikan oleh model, sehingga hasil prediksinya mungkin tidak dapat sepenuhnya dapat digunakan untuk membuat prediksi dan interpretasi model (Moffat dan Akpan, 2019).

Tabel 8. Rekapitulasi hasil prediksi jumlah penumpang untuk tahun 2024 berdasarkan model SARIMAX $(1,1,0)(1,1,1)^{12}$

Bulan	Prediksi jumlah penumpang	Batas bawah	Batas atas
Januari	38426	21741	55111
Februari	44346	24366	64326
Maret	55112	31327	78897
April	66840	40083	93597
Mei	60742	31219	90265
Juni	76140	44118	108162
Juli	70589	36241	104938
Agustus	69055	32530	105579
September	55273	16694	93852
Oktober	49441	8912	89970
November	52816	10426	95206
Desember	70819	26650	114989

Berdasarkan hasil rekapitulasi prediksi dari model deret waktu SARIMAX $(1,1,0)(1,1,1)^{12}$ yang ditampilkan pada Tabel 8 dapat diinterpretasikan bahwa jumlah penumpang diprediksi mengalami fluktuasi sepanjang tahun 2024. Prediksi tertinggi terjadi pada bulan Juni dengan jumlah penumpang sebesar 76140, diikuti oleh bulan Desember dengan 70819 penumpang. Sebaliknya, prediksi terendah terjadi pada bulan Januari dengan 38426 penumpang. Setiap prediksi juga dilengkapi dengan batas bawah dan batas atas untuk tingkat kepercayaan 80%, yang menunjukkan rentang interval prediksi untuk setiap bulan, menggambarkan tingkat ketidakpastian dari model. Misalnya, pada bulan Juni, jumlah penumpang diprediksi antara 44118 hingga 108162, menunjukkan variasi yang cukup besar dalam rentang prediksi. Rentang yang lebih luas pada beberapa bulan, seperti Desember yang

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

memiliki batas antara 26650 hingga 114989, mencerminkan tingkat ketidakpastian yang lebih tinggi dalam model, sedangkan bulan seperti Januari memiliki rentang yang lebih sempit. Secara keseluruhan, hasil ini memberikan gambaran mengenai pola kedatangan penumpang yang diprediksi berfluktuasi, dan rentang prediksi yang bervariasi menunjukkan adanya ketidakpastian dalam jumlah kedatangan pada setiap bulan.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pemodelan data deret waktu jumlah penumpang kapal kedatangan di Pelabuhan Tanjung Perak untuk periode observasi 2012-2023 berhasil dimodelkan menggunakan model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) beserta modifikasinya, yakni ARIMA dengan menambahkan unsur musiman (SARIMA), dan ARIMA dengan menambahkan unsur musiman beserta variabel eksogen (SARIMAX). Penelitian ini memberikan bukti bahwa pentingnya mempertimbangkan faktor eksternal, seperti jumlah hari libur, dalam model ARIMAX dan SARIMAX, yang diasumsikan dapat memengaruhi fluktuasi jumlah penumpang pada suatu kedatangan kapal di pelabuhan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan prediksi jumlah penumpang untuk beberapa bulan di tahun 2024, dan hal tersebut dapat dicapai, sehingga otoritas pelabuhan dapat lebih baik dalam mengoptimalkan sumber daya dan meningkatkan efisiensi serta manajemen operasional.

Kriteria pemilihan model terbaik didasarkan pada beberapa indikator evaluasi, seperti: nilai AIC, BIC, MAPE, RMSE, dan MAE, yang menunjukkan kinerja masing-masing model dalam memprediksi data. Hasil analisis menunjukkan bahwa model SARIMAX $(1,1,0)(1,1,1)^{12}$ adalah model yang paling sesuai untuk memodelkan jumlah penumpang kapal. Model ini berhasil menangkap pola musiman dan mempertimbangkan pengaruh faktor eksternal, yang sangat penting dalam memahami dinamika jumlah penumpang di pelabuhan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi akademis dalam bidang pemodelan deret waktu, tetapi juga memberikan rekomendasi praktis bagi pengelolaan pelabuhan, yang dapat diterapkan untuk meningkatkan layanan dan efisiensi operasional di Pelabuhan Tanjung Perak. Hasil dari penelitian ini menegaskan bahwa penggunaan model yang tepat dan mempertimbangkan variabel-variabel penting dapat menghasilkan prediksi yang akurat dan bermanfaat khususnya bagi pemangku kepentingan di sektor transportasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada pengelola "*Big Data and Disaster Mathematical Modelling Laboratory"* Jurusan Matematika FMIPA Universitas Bengkulu atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama proses penelitian ini. Kerjasama yang baik serta akses terhadap sumber daya dan perangkat lunak analisis yang diperlukan telah sangat membantu dalam keberhasilan memodelkan data deret waktu jumlah penumpang kapal kedatangan di Pelabuhan Tanjung Perak.

DAFTAR PUSTAKA

Alzahrani, S. M., Saadeh, R., Abdoon, M. A., Qazza, A., Guma, F. E., & Berir, M. (2024). Numerical simulation of an influenza epidemic: Prediction with fractional SEIR and the ARIMA model. *Appl. Math*, 18(1), 1-12.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Anggraeni, W., Andri, K. B., & Mahananto, F. (2017). The performance of ARIMAX model and Vector Autoregressive (VAR) model in forecasting strategic commodity price in Indonesia. *Procedia Computer Science*, 124, 189-196.

Feng, S., & Cai, G. (2016). Passenger flow forecast of metro station based on the ARIMA model. In *Proceedings of the 2015 International Conference on Electrical and Information Technologies for Rail Transportation: Transportation* (pp. 463-470). Springer Berlin Heidelberg.

Falatouri, T., Darbanian, F., Brandtner, P., & Udokwu, C. (2022). Predictive analytics for demand forecasting–a comparison of SARIMA and LSTM in retail SCM. *Procedia Computer Science*, 200, 993-1003.

Geetha, A., & Nasira, G. M. (2016). Time-series modelling and forecasting: Modelling of rainfall prediction using ARIMA model. *International Journal of Society Systems Science*, 8(4), 361-372.

Majumder, A., Rahman, M. M., Biswas, A. A., Zulfiker, M. S., & Basak, S. (2022). Stock market prediction: A time series analysis. In A. K. Somani, A. Mundra, R. Doss, & S. Bhattacharya (Eds.), *Smart systems: Innovations in computing*, 235, 399-410.

Moffat, I. U., & Akpan, E. A. (2019). White noise analysis: A measure of time series model adequacy. *Applied Mathematics*, 10(11), 989-1003.

Ozturk, S., & Ozturk, F. (2018). Forecasting energy consumption of Turkey by Arima model. *Journal of Asian Scientific Research*, 8(2), 52.

Paparoditis, E., & Politis, D. N. (2018). The asymptotic size and power of the augmented Dickey–Fuller test for a unit root. *Econometric Reviews*, 37(9), 955-973.

Whitt, W., & Zhang, X. (2019). Forecasting arrivals and occupancy levels in an emergency department. *Operations Research for Health Care*, 21, 1-18.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Prediksi Harga Penutupan Saham BBCA dan BBNI dengan Algoritma K-*Nearest Neighbor*

Edel Nurintan Saragih
Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
Coresponding Author: edelnurintan@gmail.com

Abstrak, penelitian ini bertujuan untuk memprediksi harga penutupan saham BBCA dan BBNI menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor. Algoritma ini digunakan untuk menghitung jarak antara variabel independen, yaitu Open Price, High Price, dan Low Price, serta menghitung rata-rata dari nilai variabel dependen, yaitu Close Price. Pencarian nilai K optimal dilakukan dengan menggunakan metode Elbow, yang dievaluasi dengan menggunakan metrik Root Mean Square Error (RMSE). Pada saham BBCA, nilai K optimal yang diperoleh adalah 4, dengan nilai Root Mean Square Error sebesar 53.131. Sedangkan untuk saham BBNI, nilai K optimal yang diperoleh adalah 3, dengan nilai Root Mean Square Error sebesar 35.347. Hasil evaluasi model dalam memprediksi harga penutupan saham menunjukkan bahwa pada saham BBCA, model memberikan nilai Mean Absolute Error (MAE) sebesar 39.746, Root Mean Square Error sebesar 53.131, Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 0.59%, dan nilai koefisien determinasi atau R-squared sebesar 0.999. Sementara itu, pada saham BBNI, diperoleh nilai Mean Absolute Error sebesar 26.264, Root Mean Square Error sebesar 35.347, Mean Absolute Percentage Error sebesar 0.70%, dan nilai R-squared sebesar 0.999.
Kata kunci: K-Nearest Neighbor, BBCA, BBNI,Penutupan

Abstract, *this research aims to predict the closing prices of BBCA and BBNI stocks using the K-Nearest Neighbor algorithm. This algorithm is used to calculate the distance between independent variables, namely Open Price, High Price, and Low Price, and to compute the average of the dependent variable, which is the Close Price. The optimal K value is determined using the Elbow method, evaluated with the Root Mean Square Error (RMSE) metric. For BBCA stock, the optimal K value obtained is 4, with a Root Mean Square Error of 53.131. Meanwhile, for BBNI stock, the optimal K value obtained is 3, with a Root Mean Square Error of 35.347. The model evaluation for predicting the closing price of the stocks shows that for BBCA stock, the model gives a Mean Absolute Error (MAE) of 39.746, a Root Mean Square Error of 53.131, a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 0.59%, and a coefficient of determination or R-squared of 0.999. On the other hand, for BBNI stock, the model produces a Mean Absolute Error of 26.264, a Root Mean Square Error of 35.347, a Mean Absolute Percentage Error of 0.70%, and an R-squared value of 0.999.*
Keywords*: K-Nearest Neighbor, BBCA, BBNI,Penutupan*

Citation : Saragih, E. N. (2024). Prediksi Harga Penutupan Saham BBCA dan BBNI dengan Algoritma K-Nearest Neighbor. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*.452 – 460

PENDAHULUAN

K-*Nearest Neighbor*s (KNN) adalah salah satu algoritma yang paling sederhana dan mudah dipahami dalam Machine Learning, yang digunakan baik untuk masalah klasifikasi maupun regresi. Prinsip dasarnya adalah bahwa suatu titik data akan diklasifikasikan atau diprediksi berdasarkan mayoritas label atau nilai dari K titik data terdekat di sekitarnya. Dalam konteks klasifikasi, KNN memprediksi label kelas dari suatu data berdasarkan mayoritas dari tetangga terdekatnya, sementara dalam regresi, ia memprediksi nilai variabel kontinu dari suatu data (Zhang 2021).

KNN merupakan non-parametrik, sebagai algoritma non-parametrik, KNN tidak membuat asumsi tertentu tentang distribusi data atau bentuk fungsi yang mendasari data. Sebaliknya, algoritma ini secara langsung mempelajari struktur data dari dataset pelatihan tanpa menghasilkan parameter-

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

parameter yang harus diperkirakan terlebih dahulu. Berbeda dengan algoritma parametrik seperti regresi linier atau regresi logistik yang memperkirakan parameter-parameter (misalnya, koefisien dalam regresi linier) berdasarkan pada fungsi model yang telah ditentukan sebelumnya, KNN mengandalkan data pelatihan untuk membuat prediksi (Viswanatha et al. 2023).

Kekuatan dari pendekatan non-parametrik ini adalah kemampuannya untuk menangani data dengan struktur yang kompleks atau tidak teratur tanpa memerlukan asumsi tentang distribusi data. Dalam pembelajaran mesin tidak terlepas dari beberapa tantangan. Salah satunya adalah sensitivitas terhadap skala fitur, di mana perbedaan skala antar fitur dapat menghasilkan hasil prediksi yang tidak konsisten. Selain itu, pemilihan nilai K yang optimal juga menjadi pertimbangan krusial dalam penggunaan KNN, karena nilai K yang terlalu kecil dapat mengakibatkan model yang terlalu sensitif terhadap noise, sementara nilai K yang terlalu besar dapat membuat model menjadi terlalu umum. Selain itu, kinerja KNN cenderung menurun ketika jumlah dimensi fitur meningkat. Tantangan lainnya termasuk keterbatasan dalam menangani data yang hilang atau tidak lengkap, serta keterbatasan dalam interpretasi hasil prediksi, terutama dalam konteks nilai K yang besar.

K-*Nearest Neighbor*s (KNN), sebuah metode dalam pembelajaran mesin yang memanfaatkan tetangga terdekat, telah menjadi subjek banyak penelitian sebelumnya. Pada penelitian Julius Tanuwijaya dan Seng Hansun yang berjudul LQ45 Stock Index Prediction using k-*Nearest Neighbor*s Regression, penelitian ini memprediksi harga saham pada indeks LQ45 di sektor properti, yaitu ADHI, BKSL, BSDE, LPKR, PTPP, WIKA, dan WSKT. Dalam penelitian ini, nilai K optimal dicari dari 2 hingga 10. Hasil penelitian menunjukkan bahwa RMSE pada ADHI dengan nilai K optimal 2 adalah 246.1999, untuk BKSL dengan K = 2 memiliki RMSE sebesar 23.98962, untuk BSDE dengan K = 2 memiliki RMSE sebesar 279.70222, untuk LPKR dengan K = 2 memiliki RMSE sebesar 130.3787, dan untuk WSKT dengan K = 1 memiliki RMSE sebesar 131.06629 (Tanuwijaya dan Hansun 2019).

Penelitian (Bansal et al. 2022) dengan judul Stock market prediction with high accuracy using machine learning techniques menggunakan algoritma K-*Nearest Neighbor*, Linear Regression, Support Vector Regression, Decision Tree Regression dan Long Sort-Term Memory dalam memprediksi harga saham dalam 12 perusahaan di pasar saham India. Data yang digunakan adalah data dari Januari 2015 sampai April 2021 dengan atribut data set yaitu previous close price, opening price, an all time high, an all time low, last price dan closing price. Hasil prediksi terbaik yang diperoleh dengan kelima algoritma adalah dengan algoritma Long Short-Term Memory dengan Symmetric *Mean Absolute Percentage Error* (SMAPE) sebesar (1,59), *R-squared* Value sebesar (-0,11) dan Root Mean Square Error (RMSE) sebesar (22,25), kemudian hasil kedua yang terbaik adalah Support Vector Machine dengan Symmetric *Mean Absolute Percentage Error* (SMAPE) sebesar (5,59), *R-squared* Value sebesar (-1,69) dan Root Mean Square Error (RMSE) sebesar (46,36). Sementara hasil yang diberikan algoritma Linear Regression dan Decision Tree Regression hampir setara, K-NN menunjukkan prediksi yang paling buruk.

Pada penelitian Adena Wahyu Gumelar dan Tacbir Hendro Pudjiantoro yang berjudul NFT Coin Price Prediction (Non-Fungible Token) using K-*Nearest Neighbor*s Method, dilakukan prediksi harga penutupan (Close) dari koin NFT setiap harinya. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah open, high, low, close, volume, dan marketcap. Penelitian ini memilih nilai K optimal sebanyak 3 yaitu 3, 5, dan 7. Hasil penelitian menunjukkan bahwa akurasi tertinggi dicapai dengan menggunakan K=7, yaitu sebesar 65% (Gumelar et al. 2022).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Penelitian (Samruddhi dan Kumar 2020) berjudul Used car price prediction using k-*Nearest Neighbor* based model bertujuan untuk memprediksi harga mobil bekas menggunakan model K-NN regression. Dalam penelitian ini, digunakan tiga jenis rasio sebagai fitur-fitur untuk melatih data guna menemukan nilai optimal dari parameter K, yang bervariasi dari 2 hingga 10. Hasil dari analisis menunjukkan bahwa tingkat akurasi dalam memprediksi harga mobil bekas mencapai 85%, dengan nilai K optimal adalah 4, RMSE (Root Mean Square Error) sebesar 4.01, dan MAE (Mean Absolute Error) sebesar 2.01. Dengan demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa model K-NN regression berhasil memberikan prediksi harga mobil bekas yang cukup akurat.

Penelitian (Bhavsar dan Gor 2022) berjudul Stock Price Prediction Using *Support Vector Regression* and K-*Nearest Neighbor*s: A Comparison bertujuan untuk membandingkan kinerja algoritma K-*Nearest Neighbor*s (K-NN) dan *Support Vector Regression* (SVR) dalam memprediksi harga saham. Penelitian ini menggunakan tujuh variabel, yaitu open, high, low, close, adj close, volume. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model SVR memiliki Root Mean Square Error sebesar 12.458 dan akurasi pada data pengujian sebesar 99.57%, sedangkan model K-NN memiliki Root Mean Square Error yang sama sebesar 12.458 namun dengan akurasi sedikit lebih rendah, yaitu 99.37%. Kesimpulannya, meskipun kedua model menunjukkan performa yang baik, model SVR sedikit lebih akurat dibandingkan dengan model K-NN dalam prediksi harga saham.

Berdasarkan tinjauan literatur dan penelitian sebelumnya, terdapat beberapa alasan yang mendasari pemilihan algoritma K-*Nearest Neighbor* Regression untuk memprediksi harga penutupan saham. Pertama, karakteristik saham yang cenderung non-linear dan kompleks membuat algoritma non-parametrik seperti K-NN lebih sesuai karena tidak memerlukan asumsi distribusi data tertentu. Selain itu, penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa K-NN dapat memberikan hasil prediksi yang baik dalam berbagai aplikasi, termasuk prediksi harga saham dan komoditas lainnya. Hal ini terutama disebabkan oleh sifatnya yang sederhana dan mudah dipahami, serta kemampuannya untuk menangani data berstruktur kompleks tanpa memerlukan asumsi distribusi data tertentu.

Memilih saham BBCA dan BBNI sebagai objek penelitian menggunakan algoritma K-*Nearest Neighbor* (K-NN) memiliki beberapa alasan yang kuat. Dilihat dari data BBCA pada tahun 2018 hingga 2024, saham ini mengalami kenaikan meskipun pada tahun 2019 dan 2020 terjadi pandemi COVID-19, yang tidak mengakibatkan penurunan signifikan. Sementara itu, saham BBNI pada tahun 2020 mengalami penurunan dibandingkan tahun 2018 dan mengalami kenaikan kembali pada tahun 2021. Berdasarkan data ini, kedua saham ini dipilih untuk menerapkan algoritma K-NN. Saham BBCA dan BBNI cenderung memiliki volatilitas yang lebih stabil dibandingkan saham perusahaan kecil atau sektor berisiko, sehingga mempermudah penerapan algoritma K-NN untuk prediksi yang akurat. Alasan lain pemilihan saham ini, dikarenakan saham BBCA dan BBNI termasuk dalam kategori saham blue chip, yaitu saham-saham dari perusahaan-perusahaan dengan reputasi kuat, jejak keuangan yang stabil, serta sejarah pertumbuhan yang konsisten. Jenis saham ini banyak dicari oleh investor karena berasal dari perusahaan-perusahaan yang memimpin di industri sejenis, memiliki pendapatan yang stabil, dan konsisten dalam pembayaran dividen (OJK).

Pemilihan variabel open, high, low, dan close didasarkan pada beberapa alasan. Variabel-variabel ini merupakan komponen utama dalam analisis teknikal yang digunakan untuk memahami perilaku dan pola pergerakan harga saham. Algoritma K-*Nearest Neighbor* merupakan non-parametrik, yang sejalan dengan objek yang diteliti, di mana hubungan antar variabel independen saling memiliki keterkaitan yang kuat satu sama lain. Dengan menggunakan variabel-variabel ini, model yang dibangun dapat tetap sederhana namun efektif dalam memberikan prediksi yang akurat.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Dengan demikian, penggunaan K-*Nearest Neighbor* Regression dan pemilihan variabel open, high, low, dan close diharapkan dapat memberikan hasil prediksi yang berguna bagi investor atau trader dalam pengambilan keputusan investasi.

Pemilihan algoritma K-*Nearest Neighbor* dibanding algoritma lain sebagai algoritma dalam penelitian ini karena algoritma yang mudah dipahami untuk klasifikasi atau regresi. Algoritma ini juga disebut sebagai algoritma yang malas atau lazy algorithm yang tidak menggunakan titik data pelatihan untuk melakukan generalisasi, dengan kata lain, ia menyimpan semua data pelatihan selama fase pengujian. Oleh karena itu, ukuran populasi menjadi perhatian utama untuk K-*Nearest Neighbor*, karena ukuran populasi yang besar dapat mengakibatkan kecepatan eksekusi yang lambat dan persyaratan memori yang besar (Amalia et al. 2021).

METODE PENELITIAN

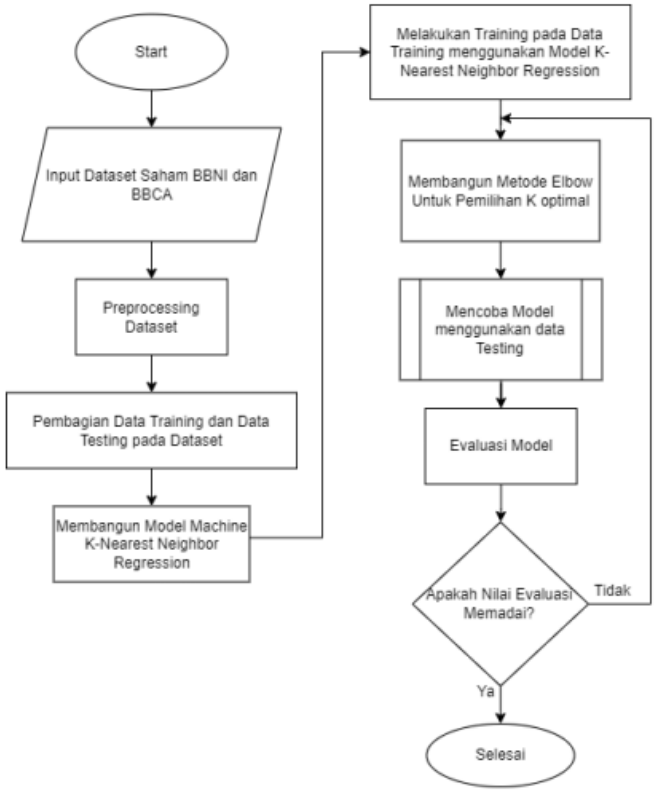
Adapun langkah-langkah proses dalam melakukan penelitian ini diawalai dengan identifikasi masalah tahapan pertama pada penelitian ini adalah mengidentifikasi masalah, di mana peneliti menganalisis dan merumuskan permasalahan yang ingin diteliti. Permasalahan yang diteliti pada penelitian ini adalah memprediksi harga penutupan saham BBCA dan BBNI pada periode data. Kemudian dilanjutkan pengumpulan data, setelah peneliti menentukan permasalahan yang akan diteliti, maka dilakukan pengumpulan data dari 2 Januari 2018 sampai 14 Mei 2024. Preprocessing data dilakukan untuk pemilihan fitur atau variabel pada penelitian ini menggunakan Correlation Matrix, yaitu representasi tabel yang menunjukkan koefisien korelasi antara variabel-variabel dalam dataset serta melihat distribusi data.

Tahapan selanjutnya adalah pemrosesan data diaman akan dilakukan pemrosesan data untuk mempersiapkan dataset yang akan dianalisis, meliputi pembagian data. Pada penelitian ini, data dibagi menjadi data latih (training data) sebanyak 80% dari dataset dan data uji (testing data) sebanyak 20% dari dataset. Pembagian data ini menggunakan train-test-split. Setelah itu pengolahan dengan model K-*Nearest Neighbor*, pengolahan data dengan K-*Nearest Neighbor* mencakup perhitungan jarak, pencarian nilai K optimal, dan prediksi antara nilai aktual dan nilai prediksi. Tahapan selanjutnya adalah evaluasi model untuk menghitung seberapa baik kinerja model tersebut. Evaluasi model yang digunakan adalah *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), dan *R-squared* (R^2), setelah evaluasi model adalah kesimpulan sebagai tahapan akhir dari penelitian ini. Diagram alir algoritma K-*Nearest Neighbor* Regression dalam memprediksi harga penutupan saham BBCA dan BNNI pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.

Merujuk pada Gambar 1, cara kerja sistem keseluruhan dimulai dengan memasukkan dataset saham BBCA dan BBNI agar dapat diolah oleh algoritma K-*Nearest Neighbor* Regression. Setelah memasukkan data, dilanjutkan dengan melakukan preprocessing data, di mana proses ini akan melakukan pengambilan kolom yang diperlukan dalam proses pengolahan Machine Learning. Tahap selanjutnya adalah membagi data yang sudah melalui proses preprocessing, di mana data dibagi menjadi data training dan data testing. Setelah itu, dilakukan metode elbow yang digunakan untuk mencari nilai K yang optimal. Kemudian masuk ke dalam proses mencoba model yang dibangun dengan data testing, yang pada proses ini menunjukkan bagaimana algoritma K-*Nearest Neighbor* bekerja. Proses terakhir adalah evaluasi model menggunakan metrik seperti MAE, RMSE, dan MAPE. Pada evaluasi tersebut, ketika mendapatkan nilai error yang memadai atau kecil, ini menunjukkan bahwa nilai prediksi hampir mendekati nilai data testing, sehingga sistem dinyatakan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

selesai. Namun, jika mendapatkan nilai error yang besar atau tidak memadai, maka peneliti akan mencari nilai K yang optimal menggunakan metode elbow tersebut.



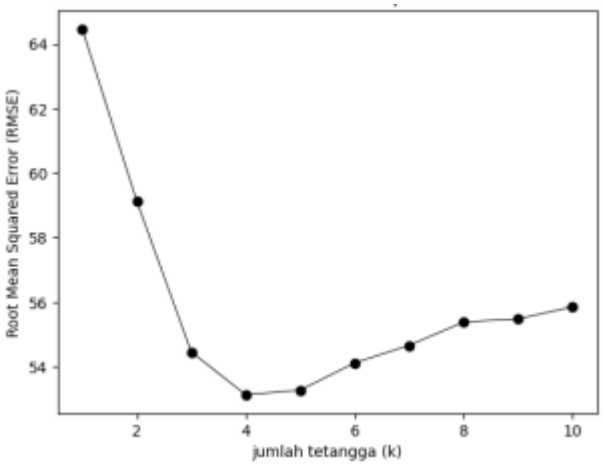
Gambar 1 Diagram Alir Algoritma K-*Nearest Neighbor* Regression dalam Prediksi Harga Penutupan Saham

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil korelasi antar variabel saham BBCA, korelasi yang mencapai nilai 1 menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat di antara variabel-variabel tersebut. Ini mengindikasikan bahwa perubahan dalam satu variabel secara signifikan memengaruhi perubahan dalam variabel lainnya, mencerminkan adanya keterkaitan yang erat di antara keduanya. Terdapat metode khusus dalam pemilihan nilai K pada algoritma KNN yang disebut metode elbow atau yang dikenal dengan nama metode siku. Metode ini merujuk pada konsep dari grafik, di mana titik terendah pada kurva perubahan suatu metrik evaluasi, seperti RMSE, membentuk suatu sudut yang menyerupai siku. Melalui analisis visual pada grafik, titik tersebut menandai nilai K optimal yang dianggap sebagai pilihan terbaik. Prinsip dasar dari metode elbow adalah mencari titik di mana penurunan RMSE mulai menurun secara signifikan, menandakan bahwa penambahan tetangga tambahan tidak memberikan peningkatan signifikan dalam akurasi prediksi.

Ilustrasi dari konsep ini dapat dilihat pada Gambar 2, yang memberikan gambaran visual tentang bagaimana titik elbow terbentuk dan bagaimana metode ini digunakan untuk menentukan nilai optimal K dalam algoritma KNN. Dapat diamati bahwa nilai terendah dari kurva RMSE pada saham BBCA terletak pada K = 4, menunjukkan potensi kecocokan model yang optimal pada titik tersebut. Kemudian dilanjutkan melakukan prediksi dengan K optimal yang telah diperoleh pada tabel 1.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan



Gambar 2. RMSE Nilai K Elbow Method Saham BBCA

Tabel 1. Hasil Prediksi Saham BBCA

Tanggal	Aktual	Prediksi
2022-06-28	7300.0	7337.50
2021-03-17	6610.0	6605.00
2023-05-16	8700.0	8712.50
2020-01-24	6810.0	6832.50
2019-12-23	6660.0	6695.00

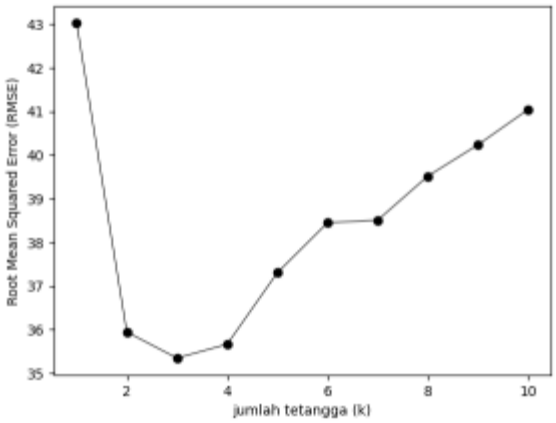
Evaluasi model pada saham BBCA dilakukan setelah memperoleh perbedaan antara nilai aktual dan prediksi, hal ini dilakukan untuk melihat sejauh mana model berfungsi. Berdasarkan hasil metrik evaluasi yang diberikan, model prediksi harga saham menunjukkan kinerja yang sangat baik dan mengesankan. Dengan R^2 score sebesar 0.9988, model ini mampu menjelaskan sekitar 99.88% variabilitas data harga saham. Ini berarti hampir seluruh variasi dalam data harga saham dapat dijelaskan oleh model, yang menandakan kemampuan prediksi yang sangat tinggi dan keandalan model dalam menangkap pola dalam data. Hasil Evaluasi sahan BBCA diperoleh MAPE score = 0,0059 dan MAE score = 39,7460.

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 0.0057 menunjukkan bahwa kesalahan rata-rata prediksi hanya sebesar 0.5751% dari nilai aktual. Persentase kesalahan yang sangat kecil ini mengisyaratkan akurasi relatif yang sangat tinggi dari model, menunjukkan bahwa prediksi yang dihasilkan sangat dekat dengan nilai sebenarnya dan *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 39.7460 menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan prediksi dalam satuan harga saham adalah cukup kecil. Dengan kata lain, kesalahan prediksi rata-rata yang dilakukan oleh model adalah sekitar 53.1310 untuk RMSE dan 39.7460 untuk MAE. Pencarian K optimal pada saham BBNI ditampilkan pada Gambar 3 dan pada Gambar 3 tersebut terlihat bahwa titik terendah terletak pada k = 3. Kemudian Evaluasi model pada saham BBNI dilakukan setelah memperoleh perbedaan antara nilai aktual dan prediksi, hal ini dilakukan untuk melihat sejauh mana model berfungsi. Hasil evaluasi model kemudian ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Prediksi Saham BBNI

Tanggal	Aktual	Prediksi
2022-06-29	4012.5	3979.17
2021-03-18	3137.5	3125.00
2022-09-08	4387.5	4350.00
2020-01-24	3850.0	3845.83
2019-12-23	3962.5	3929.17

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan



Gambar 3. RMSE Nilai K Elbow Method Saham BBNI

Berdasarkan hasil metrik evaluasi yang diberikan, model prediksi harga saham menunjukkan kinerja yang sangat baik. Dengan R^2 score sebesar 0.9985, model ini mampu menjelaskan sekitar 99.85% variabilitas data harga saham, yang menandakan kemampuan prediksi yang sangat tinggi. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 0.0075 menunjukkan bahwa kesalahan rata-rata prediksi hanya sekitar 0.6984% dari nilai aktual, menegaskan akurasi relatif yang sangat tinggi dari model. Selain itu, *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 26.2646 menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan prediksi dalam satuan harga saham adalah cukup kecil, yaitu sekitar 26.26 unit. Secara keseluruhan, metrik-metrik ini mengindikasikan bahwa model prediksi memiliki kinerja yang sangat baik dan sangat akurat dalam memprediksi harga penutupan saham.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa Algoritma KNN Regression dapat digunakan untuk memprediksi harga penutupan saham dengan mencari jarak antar variabel independen (Open, High, Low) dan menghitung rata-rata nilai Close dari tetangga terdekat. Nilai optimal K untuk saham BBCA adalah 4, sedangkan untuk BBNI adalah 3. Evaluasi model menunjukkan bahwa MAE untuk BBCA lebih besar (39.746) dibandingkan BBNI (26.264), tetapi MAPE BBCA lebih kecil (0.0059 vs. 0.0070), menunjukkan prediksi yang lebih akurat secara persentase. Kedua model memiliki R^2 Score yang sangat tinggi (0.999), menandakan kemampuan prediksi yang baik. Algoritma KNN Regression dapat menjadi referensi bagi investor, namun keputusan investasi tetap harus mempertimbangkan faktor lain. Penelitian ini terbatas pada data historis dan tidak dapat memprediksi kondisi pasar di masa depan. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menambahkan variabel seperti volume perdagangan atau menggunakan algoritma lain seperti SVM dan Random Forest guna meningkatkan akurasi, serta mengembangkan aplikasi atau website untuk kemudahan penggunaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya yang begitu besar sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul ”Prediksi Harga Penutupan Saham BBCA dan BBNI Dengan Algoritma K-*Nearest Neighbor*”. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Dr. Pardomuan Sitompul, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak dan membimbing penulis dalam menyelesaiakan penelitian ini dengan baik dan kepada pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, A., Sucipto, S., et al. (2023). Liver disease classification using the elbow method to determine optimal k in the K-*Nearest Neighbor* (K-NN) algorithm. Jurnal Sisfokom (Sistem Informasi dan Komputer), 12(2), 218–228.

Amalia, B. S., Umaidah, Y., & Mayasari, R. (2021). Analisis sentimen review pelanggan restoran menggunakan algoritma support vector machine dan K-*Nearest Neighbor*. SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri, 19(1), 28–34.

Bah, I. (2022). KNN algorithm used for heart attack detection. FES Journal of Engineering Sciences, 11(1), 7–19.

Bansal, M., Goyal, A., & Choudhary, A. (2022). Stock market prediction with high accuracy using machine learning techniques. Procedia Computer Science, 215, 247–265.

Bhavsar, S., & Gor, R. (2022). Stock price prediction using *Support Vector Regression* and K-*Nearest Neighbor*s: A comparison. International Journal of Engineering Science Technologies, 6(4), 12–20.

Elwirehardja, G. N., Suparyanto, T., & Pardamean, B. (2023). Pengenalan konsep machine learning untuk pemula. Instiper Press. ISBN: 978-623-5979-10.

Gumelar, A. W., Pudjiantoro, T. H., & Sabrina, P. N. (2022). NFT coin price prediction (non-fungible token) using K-*Nearest Neighbor*s method. In Informatics Department Faculty of Science and Informatics Universitas Jenderal Achmad Yani Cimahi, Indonesia, International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Johor Bahru, Malaysia.

Halimi, I., & Kusuma, W. A. (2018). Prediksi indeks harga saham gabungan (IHSG) menggunakan algoritma neural network. Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN), 4(1), 24–29.

Hopcroft, J. E., Ullman, J. D., & Aho, A. V. (1983). Data structures and algorithms (Vol. 175). Addison-Wesley Boston, MA, USA.

Jierula, A., Wang, S., Oh, T.-M., & Wang, P. (2021). Study on accuracy metrics for evaluating the predictions of damage locations in deep piles using artificial neural networks with acoustic emission data. Applied Sciences, 11(5), 2314.

Kitchin, R. (2019). Thinking critically about and researching algorithms. In The Social Power of Algorithms (pp. 14–29). Routledge.

Muraina, I. (2022). Ideal dataset splitting ratios in machine learning algorithms: General concerns for data scientists and data analysts. In 7th International Mardin Artuklu Scientific Research Conference (pp. 496–504).

Patriya, E. (2020). Implementasi support vector machine pada prediksi harga saham gabungan (IHSG). Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa, 25(1), 24–38.

Permana, A. A., Wahyuddin, S., Santoso, L. W., Wibowo, G. W. N., & Wardhani, A. K. (2020). [Complete author names].

Samruddhi, K., & Kumar, R. A. (2020). Used car price prediction using K-*Nearest Neighbor* based model. International Journal of Innovative Research in Applied Science & Engineering (IJIRASE), 4(3), 2020–686.

Tanuwijaya, J., & Hansun, S. (2019). LQ45 stock index prediction using K-*Nearest Neighbor*s regression. International Journal of Recent Technology and Engineering, 8(3), 2388–2391.

Triguero, I., García-Gil, D., Maillo, J., Luengo, J., García, S., & Herrera, F. (2019). Transforming big data into smart data: An insight on the use of the K-*Nearest Neighbor*s algorithm to obtain quality data. Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery, 9(2), e1289.

Viswanatha, V., Ramachandra, A. C., Togaleri, A. R., & Gowda, N. S. (2023). Tuberculosis prediction using KNN algorithm. International Journal of Engineering and Management Research, 13(4), 58–71.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Vrigazova, B. (2021). The proportion for splitting data into training and test set for the bootstrap in classification problems. Business Systems Research: International Journal of the Society for Advancing Innovation and Research in Economy, 12(1), 228–242.

Why Python. (2021). Python releases for windows, 24.

Zhang, S. (2021). Challenges in KNN classification. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 34(10), 4663–4675.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Perbedaan Kemampuan Komunikasi Matematis Peserta didik Menggunakan Model PBL dan Model DL

Bella Natalia Br. Hutahaean[1*], & Eri Widyastuti[2]
[1,2,]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author: bellanataliah6@gmail.com*

Abstrak, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan kemampuan komuniikasi matematis peserta didik menggunakan model PBL dan model DL di SMPN 6 Kisaran. Penelitian ini dilakukan pada semester ganjil T.A. 2024/2025 di SMPN 6 Kisaran. Jenis penelitian ini adalah penelitian ekspermen semu dengan desain penelitian Nonequivalent Control Group Design. Sampel pada penelitian ini adalah kelas VIII-1 sebagai kelas ekspermen 1 dan kelas VIII-4 sebagai kelas ekspermen 2. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh skor rata-rata posttest kelas ekspermen 1 adalah 30,61 dan kelas eksprimen 2 adalah 27. Uji hipotesis menghasilkan Sig.(2-tailed)<0.05 atau (0,026<0.05) yang artinya terdapat terdapat perbedaan kemampuan komunikasi matematis peserta didik mengunakan model PBL dan model DL di SMPN 6 Kisaran.
Kata kunci: Kemampuan Komunikasi Matematis, PBL, DL.

Abstract, *this study aims to determine whether there are differences in students' mathematical comunication skills using the PBL model and the DL model at SMPN 6 Kisaran. This research was conducted in the odd semester of the 2024/2025 academic year at SMPN 6 Kisaran. The type of research is quasi-experimental research by design Nonequivalent Control Group Design. The sample of this study consisted of two classes, namely class VIII-1 as experimental class 1 and class VIII-4 as experimental class 2. Based on the research results, the average posttest score for experimental class 1 was 30,61 and for experimental class 2 was 27. The hypothesis test produced Sig.(2-tailed)<0.05 or (0,026<0.05) which means that there is a difference in the mathematical communication skills of students using the PBL model and the DL model at SMPN 6 Kisaran.*
Keywords*: : Mathematical Communication Skills, PBL, DL.*

Citation : Hutahaean, B. N., & Widyastuti, E., (2024). Perbedaan Kemampuan Komunikasi Matematis Peserta didik Menggunakan Model PBL dan Model DL. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 461 – 464.

PENDAHULUAN

Matematika merupakn ilmu univrsal yng memberikn kontribusi posiif untk memjukan daya pikr manusia dan sebgai mata pelajaran yag mmpu membantu peserta didik dalam memcahkan masalh, baik masalh matemtika, maupun dlam kehidpan sehri-hari. Berdasarkan tujuan pembelajaran mtematika yang tercantum pada Permenndikbud No 22 Tahun 2016, kemmpuan komuikasi mtematis penting untk dimiliki peserta didik.

Kemmpuan komunkasi matmatis adlah salh satu dari kecakapan abad 21 yng harus dikuasai oleh peserta didik (Ismail dan Mudjiran, 2019). Kecakpan abad 21 ini dikenal dengn sebutan 4C's, yaitu *critical thinking*, *comunication*, *collaboration*, dan *creativity*. Kemudian, diperkuat dengan pendapat OECD, kmampuan yang mendasari seseorang untuk daipat mengunakan pengetahuan dan keterampilan matemtika secara efektif salah satunya adalah kemampuan komunikasi (OECD, 2019). Berdasarkan uraian tersebut, kmampuan komnikasi matemtis mnrupakan salaih satu kemampuan yang pentng untuik dmiliki peserta didik dalam pnmbelajaran matematka. Pada kenyataanya kemmpuan komnnikasi matematis peseita didik di Indonesia masih tergolong rendah. Rendahnnya kemampuan KM peserta didik di SMPN 6 Kisaran dapat dilihat dari hasil tes yang peneliti lakukan terhadap peserta didik, bhwa hanya 13,34% atau 4 orang peserta didik yang dapat

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

melampaui Kriteria Ketuntasaan Minimum (KKM), yaitu 60. Dari hasil tes diagnostik yang telah dilakukan, disimpulkan bhwa kemnmpuan komunikiasi matematis peserta didik kelas VIII di SMPN 6 Kisaran masiih sngat rendah.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan peneliti pada pra penelitian, pembelajaran yang dilakukan masih berpusat pada pengajar. Pengajar melakukan pembelajaran dengan monoton atau satu arah atau dengan model konvensional. Hal ini dilihat dengan peserta didik yang cenderung menjadi pendengar dan menyalin apa yang dituliskan pengajar di papan tulis tanpa mencoba mencerna apa yang sudah dijelaskan. Selama kegiatan belajar mengajar, pengajar kurang memperhatikan peserta didik, sehingga hanya beberapa peserta didik yang memperhatikan penjelesan pengajar, sedangkan sebagian lainnya berbicara dengan temannya. Melihat kondisi pmbelajaran maematika yng seperti ni, maka perlu ada inisiatif dari pengajar daam memlih pemblajaran yang tepat dalam melksanakan pemblajaran mtematika di kelas. Hal ini bertjuan agar pmbelajaran matematika dpat lebih berkualitas dan terasa menyenangkan, sehingga peningkatkan kemmpuan komunnkasi matemtika peserta didik dapat tercapai.

Menurut penelitian oleh Rianti,dkk(2020) di mana peserta didik berkomunikasi dalam matematika dapat meningkat dengan menggunakan pembelajaran PBL karena peserta didik atau kelompok mengumpulkan informasi yang tepat, melakukan eksprimen untuk mendapatkan penjelasan dalam memecahkan masalah memecahkan masalah di LKPD. Pekerjaan LKPD memberi peserta didik kesempatan untuk menyampaikan ide -ide mereka dalam memecahkan masalah sehingga pembelajaran menjadi lebih mandiiri dan kadang -kadang beberapa peserta didik memiliki ide unik untuk menjawab pertanyaan. Selain mencari Mustamin dan Ahmad (2021), kapasitas komuniksi matematika peserta didik dapat meningkat dengan menggunakan studi DL karena peserta didik diberikan untuk belajar denggan cara tertentu. Peserta didik secara aktif berpartisipasi dalam pnemuan konseip dan prinsip, guru mendorong peserta didik untk memiliki pengialaman dan menghubungkan pngalaman ini untnk menemukan prnsip-prinsip untuk diri sendiri. Berdasrkan pemaparan diatas, maka penuliis tertarik melakukan penelitan dengan judul Perbedaan Kemampuan Komunikasi Matematis Peserta didik Menggunakan Model PBL dan Model DL di SMPN 6 Kisaran.

METODE PENELITIAN

Penelitan ini dilakukan pada semster ganjil T.A. 2024/2025. Penelitian ini bertempat di SMPN 6 Kisaran. Desain pada peneltian ini adalh *Nonequivalent Control Group Design*, yaitu desain kelompok eksprimen tidak dipilih secra random (Sugiyono, 2019:120). Pada penelitn ini, sampiel diambil secra *Cluster Random Sampling*. Dari 6 kelas VIII di SMPN 6 Kisaran, diambil dua kelas sebagai sampel dalam peneltian ini yaitu keilas VIII-1 sebagaii kelas ekspperimen 1 dan kelas VIII-4 sebagai kelas ekspperimen 2. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini ialah tes uraian sebanyak 3 soal. Hipotesis penelitian ini adalah; (1) H_0: Tidak terdapat perbedaan kmampuan komunikasi matematis peserta didik mengguakan model PBL dan model DL di SMPN 6 Kisaran; dan (2) H_a: Terdapat perbedaan kmampuan komuniksi matematis peserta didik mengunakan model PBL dan model DL di SMPN 6 Kisaran.

Uji Normlitas berfungsi untuk memriksa apiakah sampel penlitian berasal dari populasi yang umum didistribusikan (Astuti, 2016:140). Dalam penelitian ini, tes Kolmogorov -Smirnov digunakan. Pengujian yang konsisten adalah proses pengujian statiistik untuk menunjukkan bhwa dua atau lebih kelompk data sampel berasl dari populiasi varians yang sama atau varian homogen

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

(sugiyono, 2020:23). Tes homogen yag akan digunakn dailam penelitian ini adaIah tes Fisher atau disingkat sebagai tes F $dk = (n_1 + n_2 - 2)$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum diberi perlakuan yng beda pada kelas eksperiimen 1 dan kelas eksprimen 2, penliti terlebih dahulu memnberikan tes sebelum untk mengetahui kmampuan awal peserta didik. Tes sebelum terdiri dari tiga butir soal *essay* yang mengandung indikator kmampuan komunikasi matematis. Dari hasil penelitian menunjukan bhwa skor rata-rata tes sebelum peserta didik kelas eksperimn 1 adalah 14,42 dan kelas eksperiimen 2 adalah 14,58. Berdasarkan skor rata-rata tes sebelum tersebut sudah terlihat bahwasanya kmampuan km peserta didik di SMPN 6 Kisaran masih tergolong rendah.

Setelah dberi perlakuan yng berbeda paida kelas eksprimen 1 dan kelas eksperiimen 2, kemudian kedua kelas ekprimen diberikan tes setelah untuk mengetahui perbedaan kmampuan km peserta didik yang diajar menggnakan model PBL dengan DL. Tes setelah terdiri dari tiga butir soal *essay* yang mengndung indiikator kemmpuan komunkasi matematis. Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa skor rata-rata tes setelah peseita didik kelas ekspermen 1 lebih tnnggi dari kelas eksperiimen 2 $(30{,}61 > 27)$. Berdasarkan skor rata-rata tes setelah tersebut sudah terlihat bahwasanya terdapat perbedaan kmampuan komunikasi matematis peserta didik menggnakan metode PBL dan DL di SMPN 6 Kisaran.

Selanjutnya, dilakukan pengujian hipotesis untuk data hasil tes setelah peserta didik dengn menggnakan uji *Independent Samples T-Test* dengan taraf signifikannya $\alpha = 0.05$. Hasil *output* menunjukkn bhwa nilai $Sig.(2 - tailed) < 0.05\ atau\ 0{,}026 < 0.05$. Hal ini menunjukkan H_0 ditolak H_a diterima. Oleh karena itu, disimpulkan bahwa ada perbedaan kemmpuan komuniksi matematis peserta didik menggnakan model PBL dan DL di SMPN 6 Kisaran.

Berdasarkan hasil penyelesaian tes kmampuan komunikasi matematis peserta didik di SMPN 6 Kisaran menunjukkan bahwa model DL lebih unggul dibandingkan dengan model PBL. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Asmal (2023) yang berjudul "Perbandingan Metode Pengajaran PBL dan DL terhadap Hasil Belajar Siswa", bahwa peserta didik di kelas eksperimen 1 memiiliki nilai rata-rata 82,80 dan di kelas eksperimen 2 memiliki nilai rata-rata 75,20, ini mennjukkan metode pengajaran DL memiliki dampak lebih besar terhadap hasil belajar matematika peserta didik dibandingkan PBL.

Dari pembahasan diatas dapat dilihat perbedaan antara Metode Pengajaran DL dan PBL terhadap kmampuan komuikasi matematis peserta didik di SMPN 6 Kisaran. Penyebab terjadinya perbedaan yaitu: DL berfokus pada hasil dan penelitian di mana peserta didik dapat menemukan jawaban mereka sendiri untuk masalah yang dihadapi. Dengan DL, peserta didik punya waktu untuk meneliti informasi, mengumpulkan informasi, menemukan pola, dan menciptakan hubungan antar konsep. Oleh karena itu, DL dapat membantu peserta didik mngembangkan kterampilan berpikir berdasarkan informasi yang mereka terima (2023:5417). Pembelajaran pada kelas yang diawali dengan pemberian masalah yang belum ada solusi nya diharapkan akan merangsang peserta didik untuk menyelidiki dan menyelesaikan masalah tersebut. Dari pembahasan diatas dengan adanya teori yang mendukung serta penelitian relevan yang telah peneliti jelaskan, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan kmampuan komunikasi matematis peserta didik menggunakan metode PBL dan DL di SMPN 6 Kisaran.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasl penelitian serta analisis data dapat disimpulkan bahwa kelas eksprimen 1 yang diajar dengan model *DL* memiliki skor rata-rata tes setelah yang lebih tinggi daripada skor rata-rata *tes setelah* kelas eksperiimen 2 yang diajar dengan model *PBL* $(30{,}61 > 27)$. Selanjutnya, berdasarkan pengujian hipotesis dengan menggunakan uji statistik-t pada taraf nyata $\alpha = 0{,}05$ dan dk-2 = 60 diperoleh bahwa $t_{hitung} = 2{,}2809 \; dan \; t_{tabel} = 2$, sehingga $t_{hitung} > t_{tabel}$ $(2{,}2809 > 2)$ yang berarti H_0 ditolak H_a diterima. Maka, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan kmampuan komunikasi matematis peserta didik menggunakan model PBL dan model DL di SMPN 6 Kisaran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada Ibu Eri Widyastuti, S.Pd., M.Sc. atas bimbingan dan dukungan diberikan sebagai pembimbing skripsi saya. Selanjutnya saya juga mengucapkan terima kasih kepada orang tua saya atas dukungan verbal dan finansial selama saya melakukan penelitian. Terima kasih juga kepada pihak sekolah SMPN 6 Kisaran terkhususnya Bapak Syahlan yang telah mengarahkan saya selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

Asmal, Muthmainnah. (2023). Perbandingan Model Pembelajaran *Problem Based Learning* dan Discovery Learning terhadap Hasil Belajar Siswa. *Journal on Education*. 5(2), 5413-5420.

Astuti, Alfira. (2016). *Statistika Penelitian*. Mataram: Insan Madani Publishing.

Ismail & Mudjiran. (2019). Membangun Karakter Melalui Implementasi Teori Belajar Behavioristik Pembelajaran Matematika Berbasis Kecakapan Abad 21. *MENARA Ilmu*. 13(11), 76-88.

Isnawan, Muhamad Galang. (2020). *KUASI-EKSPERIMEN*. Lombok: Nashir Al-Kutub Indonesia.

Mustamin & Ahmad. (2021). Differences in Students' Mathematical Communication Ability Using Discovery Learning and Reception Learning Models. *Proceedings of the 1st International Conference on Continuing Education and Technology (ICCOET 2021)*, 206-211.

Rianti, dkk. (2020). Peningktan Kemampuan Komunikasii Matematis Dan Disposisi Matematis Peserta didik SMP Melalui Model *Problem Based Learning*. *Jurnal Numeracy*. 7(1), 137-149.

Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbantuan *Articulate Storyline* Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah pada Peseta Didik Kelas XI SMA

Cyonita Evi Debora[1]*, & Pargaulan Siagian[2]
[1,2,3,4,]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:cyonitaevi29@gmail.com*

Abstrak, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan Media kegiatan belajar interaktif berbantuan articulate storyline untuk meningkatkan pemecahan masalah matematika pada peserta didik yang dikembangkan pada langkah kegiatan belajar matematika. Penelitian ini dilakukan di SMA Nusantara Lubuk Pakam pada semester ganjil T.A. 2024/2025. Metode penelitian yang dipakai merupakan metode Penelitian dan Pengembangan (R&D) dengan model pengembangan ADDIE. Subjek pada penelitian ini merupakan murid kelas XI-4 dengan objek penelitian berupa Media kegiatan belajar interaktif berbantuan Articulate Storyline. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa Media kegiatan belajar interaktif berbantuan Articulate Storyline untuk meningkatkan pemecahan masalah matematika peserta didik yang dikembangkan dikatakan valid dengan nilai 4,48 yang digolongkan layak, praktis dengan persentase angket respon guru 91,25% dan persentase angket respon Peserta didik 84,57 % yang keduanya tergolong pada kategori sangat praktis, dan peningkatan keahlian pemecahan masalah berdasarkan nilai N-Gain sebesar 0,62 pada golongan peningkatan sedang. Analisis data memakai uji kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan menunjukkan bahwa Media kegiatan belajar yang dikembangkan layak, praktis, dan efektif dipakai dalam langkah kegiatan belajar matematika serta mampu meningkatkan keahlian pemecahan masalah matematika Peserta didik.
Kata kunci: Articulate, Media, Meningkatkan, Pengembangan, Masalah

Abstract, *this study aims to determine the validity, practicality, and effectiveness of interactive learning activity media assisted by articulate storyline to improve mathematical problem solving in students developed in the steps of mathematics learning activities. This research was conducted at SMA Nusantara Lubuk Pakam in the odd semester of the 2024/2025 academic year. The research method used is the Research and Development (R&D) method with the ADDIE development model. The subjects in this study were grade XI-4 students with the object of research in the form of interactive learning activity media assisted by Articulate Storyline. Based on the results of the study, it was obtained that the interactive learning activity media assisted by Articulate Storyline to improve students' mathematical problem solving that was developed was said to be valid with a value of 4.48 which was classified as feasible, practical with a percentage of teacher response questionnaires of 91.25% and a percentage of student response questionnaires of 84.57%, both of which were classified as very practical, and an increase in problem-solving skills based on the N-Gain value of 0.62 in the moderate increase group. Data analysis using validity, practicality, and effectiveness tests shows that the developed learning activity media is feasible, practical, and effective for use in mathematics learning activity steps and is able to improve students' mathematical problem-solving skills.*
Keywords*: Articulate, Development, Improve, Media, Problem*

Citation : Debora, C. E., & Siagian, P. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbantuan Articulate Storyline Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah pada Peseta Didik Kelas XI SMA. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 465 – 470

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

PENDAHULUAN

Dalam kegiatan belajar matematika sebagian besar murid berpikiran bahwa matematika itu merupakan salah satu bidang yang sangat susah untuk dipahami sebab di dalam pelajaran matematika terdapat banyak rumus dan perhitungan yang berfungsi untuk penyelesaian persoalan dan matematika juga merupakan salah satu bidang yang cukup monoton sebab pada matematika cendurung menampilkan angka, grafik ataupun simbol yang jarang diketahui. Hal tersebut yang menyebabkan prestasi murid pada bidang matematika tergolong rendah.

Pada umumnya masih ditemukan bahwa kegiatan belajar matematika masih berfokus pada guru, sehingga murid sering merasa bosan ataupun tidak tertarik untuk mengikuti kegiatan belajar. Selain itu, kegiatan belajar disekolah juga masih kurang optimal dalam pemakaian Media kegiatan belajar. Dengan memaksimalkan pemakaian Media yang tepat merupakan salah satu sarana untuk mengefektifkan proses penyampaian materi kegiatan belajar kepada murid. Kesuksesan suatu kegiatan belajar, tidak hanya tergantung pada metode yang digunakan melainkan tergantung pada perangkat kegiatan belajar yang digunakan (Utami, dkk., 2018:166).

Kesuksesan kegiatan belajar di sekolah bergantung pada apa yang diberikan dan apa yang diajarakan oleh guru. Akan tetapi Kesuksesan dalam proses kegiatan belajar tidak hanya bergantung oleh peran guru dan metode pemebelajaran yang digunakan, melainkan bergantung juga pada perangkat kegiatan belajar atau Media yang digunakan oleh guru (Rusman, 2000:26). Kegiatan belajar interaktif merupakan strategi kegiatan belajar yang dilaksanakan guru untuk menyajikan suatu pelajaran, dengan guru yang menciptakan situasi interaktif yang edukatif.

Kegiatan belajar interaktif juga merupakan proses terciptanya berbagai interaksi, yaitu interaksi guru dengan murid, pesrta didik dengan murid lain atau antara murid dengan lingkungannya. Melaui proses interaksi memungkinkan murid dapat berkembang mental dan juga intelektual (Wahab, 2016:179). Perkembangan intelektual berkaitan dengan bagaimana seorang murid dapat berkembangan mengikuti perkembangan zaman dengan memahami berbagai teknologi, dengan demikian peran guru juga sangat penting untuk mendorong perkembangan intelektual dengan menggunakan Media kegiatan belajar yang berbasis teknologi (Indrawan, dkk., 2020:16).

Media kegiatan belajar interaktif merupakan segala sesuatu yang menyangkut software dan hardware yang dapat dipergunakan sebagai perantara untuk menyampaikan isi materi ajar dari sumber belajar ke pembelajar dengan metode kegiatan belajar yang dapat memberikan respons balik terhadap pengguna dari apa yang telah dituangkan ke Media tersebut (Asela, dkk., 2020:1299). Menurut Tarigan & Siagian (2015) poin utama dari Media kegiatan belajar interaktif tidak hanya perhatian terhadap penyajian pesan tetapi juga interaksi murid terhadap Media tersebut. Namun pada penyajian persoalan, soal dan bahasa dalam aspek kegiatan belajar telah disusun dengan baik dan mudah dipahami. Aspek kegiatan belajar merupakan aspek yang yang berkaitan dengan penyajian materi unruk melihat proses berpikir dan terdapat interaksi pengguna dengan Media.

Articulate Storyline dapat menampilkan konten ajar dengan memakai slide serta audio dan video agar kegiatan belajar menjadi lebih menarik. Media *Articulate Storyline* sangat gampang diapliksin pada kegiatan belajar, dan hasil dari produknya berupa gabungan dari slide, audio, video, gambar dan animasi dengan hasil tampilan yang menarik. *Articulate Storyline* dapat digunakan sebagai Media untuk kuis atau pertanyaan interaktif bagi murid (Fatia & Ariani, 2020). Akan tetapi, menurut Jais & Amri (2021) *Articulate Storyline* masih jarang digunakan oleh guru dalam pembelajran di sekolah, adapun jika guru menggunakan Media pembelajran kebanyakan menggunakan *Power Point*. Pada kenyataan, pemakaian *Articulate Storyline* dapat memaparkan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

materi komposisi funsi secara detail dan menyajikan materi secara menarik agar keahlian pemecahan persoalan terjadi peningkatan.

Keahlian pemecahan persoalan termasuk keahlian yang penting untuk dikembangkan oleh murid. Dengan memiliki keahlian pemecahan persoalana yang baik akan membantu murid dalam menghadapi persoalan yang terjadi di kehidupan nyata (Asmana, 2020:10). Pentingnya keahlian persoalan juga dijelaskan oleh Deviyani & Zanthy (2019:218) bahwa keahlian pemecahan persoalan adalah suatu keahlian yang sangat penting bagi setiap murid karena menyelesaikan persoalan merupakan tujuan umum dalam pembelajran matematika; proses menyelesaikan persoalan, yang melibatkan metode, prosedur, dan strategi, merupakan inti dan pokok dari kurikulum matematika; serta keahlian menyelesaikan persoalan adalah dasar utama dalam proses kegiatan belajar matematika. Untuk menilai keahlian murid dalam pemecahan persoalan diperlukan sejumlah tes indikator. Indikator tersebut melibatkan keahlian murid dalam memahami inti suatu persoalan, merumuskan model matematika yang relevan terhadap persoalan tersebut, merancang serta merencanakan strategi penyelesaian persoalan, dan melakukan pengecekan kembali terhadap hasil jawaban yang dihasilkan (Ifyanti & Dewi, 2022).

Ketika dalam proses kegiatan belajar sering ditemukan bahwa murid masih kesusahan untuk memahami dan menyelesaikan persoalan yang ditampilkan dalam soal-soal pada saat proses kegiatan belajar. Kelemahan dalam keahlian pemecahan persoalan akan mempengaruhi murid dalam mengembangkan kemampaun berpikir logis, sistematik, kritis, analitis, dan kreatif. Hal tersebut, merupakan capaian yang diharapkan pada saat murid mengikuti kegiatan belajar. Oleh sebab itu, murid harus diberikan kesempatan untuk terlibat aktif dalam menyelesaikan persoalan, dengan memberikan contoh nyata persoalan yang berkaitan dengan matematika serta murid juga berperan langsung terhadap persoalan yang dihadapi.

Berlandaskan wawancara dengan guru matematika SMA Nusantara Lubuk Pakam kegiatan belajar di sekolah tersebut masih berfokus pada guru, tidak terdapat interaksi murid dengan murid ataupun lingkungannya. Selain itu, pemakaian Media kegiatan belajar juga belum terlaksana secara optimal, guru masih berfokus pada sumber belajar berupa buku paket yang disediakan dan masih menggunakan papan tulis dalam penyampaian materi kepada murid. Selama ini guru menyampaikan pelejaran dengan menuliskan materi kemudian di lengkapi contoh-contoh soal pada papan tulis.

Keterbatasan Media yang digunakan guru dan pemakaian Media yang belum optimal membuat murid kurang tertarik dan cepat bosan dalam proses belajar. Murid juga kurang aktif ketika proses kegiatan belajar berlangsung dan terkadang mengantuk pada saat guru sedang menjelaskan materi di kelas. Dalam kegiatan belajar, guru belum ada menggunakan Media kegiatan belajar menarik yang dapat digunakan secara bersama oleh seluruh murid ketika belajar seca ra mandiri di SMA Nusantara. Keadaan tersebut jika tidak ditangani akan berdampak serius pada prestasi murid, karena murid tidak dapat menguasi materi dengan optimal.

METODE PENELITIAN

Riset ini dilakukan di SMA Swasta Nusantara Lubuk Pakam yang berada di Jl. Tengku Raja Muda No. 1 Kec. Lubuk Pakam, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara. Riset ini dilakukan pada semester ganjil Tahun Ajaran 2024/2025. Dalam Riset ini yang menjadi subjek adalah keseluruhan murid kelas XI SMA Nusantara. Dalam Riset ini objek yang digunakan berupa Media kegiatan belajar interaktif berbantuan *Articulate Storyline*.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Variabel dalam Riset ini adalah Pengembangan Media kegiatan belajar *Articulate Stroryline* pada konten fungsi di kelas XI SMA Nusantara Lubuk Pakam, Kualitas Media kegiatan belajar *Articulate Stroryline* dilihat dari aspek kevalidan, kepraktisan, dan keefektivan, dan Keahlian pemecahan persoalan matematika setelah menggunakan Media kegiatan belajar *Articulate Stroryline* pada murid di kelas XI SMA Nusantara Lubuk Pakam. Desain Riset yang digunakan adalah model pengembangan ADDIE (*Analyze, Design, Development, Implementation, and Evaluation*).

Instrumen pengumpulan data yang digunakan mencakup tes keahlian pemecahan persoalan matematika murid pada materi komposisi fungsi. Sebelum dilaksanakan analisis data, perlu dilaksanakan uji prasyarat yaitu uji validitas dan realibilitas, lalu dialnjut dengan uji analisis data yaitu uji normalitas, homogenitas dan uji hipotesis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Riset dan pengembangan ini menciptakan Media kegiatan belajar interaktif berbantuan *articulate storyline* untuk meningkatkan keahlian pemecahan persoalan matematika pada murid kelas XI SMA. Media kegiatan belajar yang dikembangkan tersebut berisi materi Komposisi Fungsi. Pada tahap implementasi, Media pemebelajaran berbantuan *articulate storyline* yang dikembangkan diujicibakan kepada guru mata pelajaran matematika di kelas dan 32 orang murid kelas XI SMA Swasta Nusantara Lubuk Pakam. Hasil validasi terdiri dari validasi Modul Ajar, Media Kegiatan belajar Interaktif, Materi, *Pretest,* dan *Posttest* dan hasil validasi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Validasi Media yang dikembangkan

No.	Aspek Penilaian	Rata-rata	Persentase (%)	Kategori
1.	Modul Ajar	4,48	89,64	Sangat Valid
2.	Media Kegiatan belajar	4,48	90,74	Sangat Valid
3.	Materi	4,42	90,74	Sangat Valid
4.	*Pretest*	3,58	89,58	Sangat Valid
5.	*Posttest*	3,58	89,58	Sangat Valid

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa modul ajar, Media pembelejaran interaktif, materi, serta tes keahlian pemecahan persoalan matematika memperoleh nilai dan pesrsentase kevalidan pada kategori sangat valid. Hal ini berarti perangkat kegiatan belajar yang telah disusun memenuhi kriteria layak untuk diujicobakan. Kemudian kepraktisan Media kegiatan belajar interaktif berbantuan *Articulate Storyline* dapat dikatakan praktis apabila pada angket respon guru dan murid memperoleh hasil yang dapat memenuhi kriteria praktis yang telah ditetapkan. Berlandaskan hasil analisis data kepraktisan, diperoleh persentase kepraktisan untuk angket respon guru sebesar 91,25% dengan kategori sangat praktis. Selanjutnya, Berlandaskan angket respon murid diperoleh persentase kepraktisan sebesar 85% yang termasuk dalam kategori sangat praktis yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, berlandaskan kedua hasil tersebut, baik dari angket respon guru maupun murid, dapat disimpulkan bahwa Media kegiatan belajar interaktif berbantuan *Articulate Storyline* sangat praktis digunakan dalam kegiatan belajar.

Kemudian pada uji coba Media kegiatan belajar interaktif berbantuan *Articulate Storyline* yang telah dikembangkan diperoleh hasi tes keahlian akhir (*posttest*) dengan ketuntasan belajar murid secara klasikal sebesar 81,25% atau setara dengan ketuntasan belajar murid secara individu sebanyak 26 orang dari 32 murid.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Tabel 2. Hasil dari Tes Keahlian Pemecahan Persoalan

Aspek Penilaian	*Pretest*	*Posttest*
Rata-rata Hasil Tes	50,98	81,25
Jumlah murid yang tuntas	5	26
Jumlah murid yang tidak tuntas	27	6
Persentase murid yang tidak tuntas	84,37%	18,75%
Ketuntasan belajar klasikal	Tidak Tuntas	Tuntas

Kriteria selanjutnya untuk menentukan efektivitas pada Media kegiatan belajar interaktif adalah pencapaian indikator/tujuan kegiatan belajar dari hasil *pretest* dan *posttet*. Ketentuan pencapaian indikator/tujuan kegiatan belajar adalah minimal 75% untuk setiap indikator diperoleh minimal 65% murid. Persentase pencapaian indikator saat uji coba lapangan ditunjukkan pada tabel 3. Kemudian, peningkatan keahlian pemecahan persoalan juga dapat dianalisis Berlandaskan nilai N-Gain. Tabel 4 di bawah ini menggambarkan peningkatan keahlian pemecahan persoalan matematika pada murid, yang disajikan dalam bentuk skor N-Gain.

Tabel 3. Persentase ketercapaian setiap indikator Pemecahan Persoalan

Indikator	*Pretest*		*Posttest*	
	%	Deskripsi	%	Deskripsi
Memahami Persoalan	66,41	Tidak Tuntas	87,5	Tuntas
Merencanakan Penyelesaian Masalah	51,56	Tidak Tuntas	85,94	Tuntas
Menyelesaikan Masalah	50	Tidak Tuntas	77,34	Tuntas
Memeriksa Kembali	35,94	Tidak Tuntas	75	Tuntas

Tabel 4. Peningkatan kemampuam pemecahan persoalan matematika dalam score N-Gain

Interval N-Gain	Kategori	Murid	%	Skor N-Gain
$\mathbf{0,7 < g \leq 1}$	Tinggi	13	40,62	0,62
$\mathbf{0,3 < g \leq 0,7}$	Sedang	18	56,25	
$\boldsymbol{g \leq 0,3}$	Rendah	1	3,13	
	Jumlah	32	100	

Berlandaskan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa kegiatan belajar dengan menggunakan Media kegiatan belajar interaktif berbantuan *Articulate Storyline* dapat meningkatkan keahlian pemecahan persoalan matematika pada murid.

KESIMPULAN

Berlandaskan hasil analisis data kevalidan diperoleh persentase kevalidan pada ahli materi sebesar 88,60% dan pada ahli Media sebesar 90,74, maka data dikatakan bahwa Media kegiatan belajar interaktif yang dikembangkan dinyatakan sangat valid. Kemudian hasil analisis data kepraktisan dinyatakan praktis dengan persentase angket respon guru sebesar 91,25% dan persentase angket respon Murid sebesar 85% dimana keduanya tergolong pada kategori sangat praktis. Terakhir hasil analisis data keefektivan penilaian ketuntasan belajar Murid secara klasikal diperoleh dari hasl *posttest* atau tes akhir dengan persenstase sebesar 81,25% dengan Nilai N-Gain sebesar 0,62 yang berarti Murid mengalami peningkatan pada keahlian pemecahan persoalan matematika dengan kategori peningkatan yang sedang.

DAFTAR PUSTAKA

Asela, S., Salsabila, U. H., Lestari N. H. P., Sihati, A., & Pertiwi, A. R. (2020). Peran Media Interaktif Dalam Kegiatan belajar Pai Bagi Gaya Belajar Murid Visual. *Jurnal Inovasi Penulisan*, 1(7): 1297-1304.

Asmana, A. T. (2020). Komunikasi Matematika Tertulis Peserta Didik Berkemampuan Matematika Rendah Dalam Pemecahan Masalah Soal Hots Berdasarkam Jenis Kelamin. *Jurnal Inovasi Pendidikan dan Kegiatan belajar Matematika*, 6(1):8-16.

Deviyani, R. & Zanthy, L. S. (2019). Analisis Keahlian Pemecahan Masalah dan Komunikasi Matematik Pada materi Himpunan. *Journal on Education*, 1(3):217-222.

Fatia, I., & Ariani, Y. (2020). Pengembangan Media Articulate Storyline 3 pada Kegiatan belajar Faktor dan Kelipatan Suatu Bilangan di Kelas IV Sekolah Dasar. *Journal of Basic Education Studies*, 3(2), 503–511.

Ifyanti, A. & Dewi, N. (2022). Kajian Teori: Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah melalui Model Kegiatan belajar Prospec Berbantuan TIS dengan Nuansa STEAM. *Prisma, Prosising Seminar Nasional Matematika* (h.391-396). Semarang: Jurusan Matematika Universitas Negeri Semarang.

Indrawan, I., Wijoyo, H., Wiguna, I. M. A., & Wardani, E. (2020). *Media Kegiatan belajar Berbasis MultiMedia*. Purwokerto: CV Pena Persada.

Jais, M. & Amri, U. (2021). Pengaruh Penggunanan Media Pembelajaran Berbasis *Articulate Storyline* Terhadap Hasil Belajar Murid Mata Pelajaran IPA di SDN 2 Gantarang Keke Kabupaten Bantaeng. *Jurnal Studi Guru dan Kegiatan belajar*, 4(3): 795-801.

Nuraini, I., Sutama, S., & Narimo, S. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Power Point Ispring Suite 8 Di Sekolah Dasar. *Jurnal Varidika*, 31(2), 62–71.

Rusman. (2000). *Model-Model Kegiatan belajar Mengembangkan Profesionalisme Guru*. Depok: PT Rajagrafindo Persada.

Supriadi, N. (2015). Mengembangkan Keahlian Koneksi Matematika Melalui Buku Ajar Elektronik Interaktif (BAEI) yang Terintegrasi Nilai-Nilai Keislaman. *Jurnal Al-Jabar*, 6(1): 63-73.

Utami, T. N., Jatmiko, A., Suherman. (2018). Pengembangan Modul Matematika dengan Pendekatan Science, Technology, Engineering, And Mathematics (STEM) pada Materi Segiempat. *Jurnal Matematika*, 1(2): 165-172.

Wahab, R. (2016). *Psikologi Belajar*. Jakarta : PT Raja Grafindo Persada.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Studi Literatur: Inovasi Pembelajaran Matematika pada Era Kolaboratif

Wan Putri Tania
Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author: wanputri99@gmail.com*

Abstrak, artikel ini mengulas mengenai inovasi pembelajaran matematika yang dapat dikembangkan pada era kolaboratif, yang dimana pada era kolaboratif matematika dapat disandingkan dengan berbagai disiplin ilmu, yang ditandai oleh perubahan signifikan dalam metode pengajaran dan interaksi siswa. Melalui studi literatur, penelitian ini mengeksplorasi berbagai pendekatan kolaboratif yang meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa. Ditemukan bahwa pembelajaran kolaboratif tidak hanya mendorong kerja sama dan komunikasi antar siswa, tetapi juga memperkuat pemahaman konsep matematis melalui pengalaman praktis. Selain itu, integrasi teknologi dalam pembelajaran matematik memberikan akses yang lebih luas dan menciptakan lingkungan belajar yang interaktif. Penelitian ini juga menyoroti pentingnya pelatihan guru dalam menerapkan strategi inovatif dan mengatasi tantangan yang ada. Metode penelitian yang digunakan didalam artikel ini adalah studi literatur yang sistematis dengan menggunakan beberapa penelitian yang relevan dengan inovasi pembelajaran matematika pada era kolaboratif. Pencarian data base yang relevan menggunakan artikel yang diterbitkan pada tahun 2021 hingga Oktober 2024 yang membahas tentang inovasi pembelajaran matematika pada era kolaboratif. Hasilnya menunjukkan bahwa inovasi ini dapat meningkatkan kualitas pembelajaran matematika dan mempersiapkan siswa untuk menghadapi tantangan di masa depan.
Kata kunci: Inovasi Pembelajaran Matematika, Era Kolaboratif

Abstract, *this article reviews mathematics learning innovations that can be developed in the collaborative era, where in the collaborative era mathematics can be compared with various scientific disciplines, which are marked by significant changes in teaching methods and student interactions. Through a literature study, this research explores various collaborative approaches that increase student engagement and understanding. It was found that collaborative learning not only encourages cooperation and communication between students, but also strengthens understanding of mathematical concepts through practical experience. In addition, the integration of technology in mathematics learning provides wider access and creates an interactive learning environment. This research also highlights the importance of teacher training in implementing innovative strategies and overcoming existing challenges. The research method used in this article is a systematic literature study using several studies relevant to mathematics learning innovation in the collaborative era. Search for relevant data bases using articles published from 2021 to October 2024 which discuss innovations in mathematics learning in the collaborative era. The results show that this innovation can improve the quality of mathematics learning and prepare students to face future challenges.*
Keywords*: Mathematics Learning Innovation, era of collaboration*

Citation : Tania, W. P. (2024). Studi Literatur: Inovasi Pembelajaran Matematika pada Era Kolaboratif. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 471 – 478

PENDAHULUAN

Ditengah perkembangan teknologi dan tuntutan globalisasi, pendidikan matematika menghadapi tantangan untuk beradaptasi. Tradisi pengajaran yang sering kali bersifat satu arah perlu ditransformasikan menjadi pendekatan yang lebih inovatif dan kolaboratif. Pembelajaran matematika selama ini dikenal sebagai disiplin ilmu yang mengedepankan keteraturan, logika, dan metode yang sistematis. Di banyak institusi pendidikan, pengajaran matematika cenderung berfokus pada teknik

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

tradisional, seperti hafalan rumus dan penyelesaian soal-soal yang terstruktur. Meskipun pendekatan ini berhasil membentuk dasar yang kuat bagi siswa dalam memahami konsep-konsep matematika dasar, perkembangan zaman menuntut adanya perubahan yang lebih inovatif dalam metode pengajaran matematika. Era kolaboratif saat ini, yang ditandai dengan kemajuan teknologi dan tuntutan dunia kerja yang semakin interdisipliner, mendorong pengajar untuk melakukan integrasi keilmuan dalam pembelajaran matematika.

Integrasi keilmuan dalam pembelajaran matematika mengacu pada pendekatan lintas disiplin yang menghubungkan konsep matematika dengan ilmu lain seperti sains, teknologi, teknik, dan seni (STEAM). Pendekatan ini bertujuan untuk menciptakan lingkungan pembelajaran yang lebih holistik dan relevan dengan dunia nyata. Melalui integrasi ini, siswa tidak hanya belajar tentang angka dan rumus, tetapi juga bagaimana matematika dapat diterapkan dalam berbagai bidang kehidupan, mulai dari rekayasa teknik hingga seni kreatif. Selain itu, kolaborasi antardisiplin ini mendorong pengembangan keterampilan abad 21, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi, yang sangat penting dalam lingkungan kerja dan sosial yang dinamis saat ini. Seiring dengan perkembangan teknologi, inovasi dalam pembelajaran matematika juga semakin terlihat, terutama dengan pemanfaatan alat-alat digital seperti simulasi interaktif, perangkat lunak pemodelan matematika, dan aplikasi yang memfasilitasi pembelajaran berbasis proyek (project-based learning). Studi literatur ini akan menelusuri bagaimana transisi dari metode tradisional ke metode inovatif yang terintegrasi dapat meningkatkan hasil belajar siswa, serta bagaimana integrasi keilmuan dapat membentuk generasi yang lebih siap menghadapi tantangan global di era kolaboratif.

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa pembelajaran yang terintegrasi lintas disiplin mampu meningkatkan motivasi belajar siswa dan menghubungkan matematika dengan konteks dunia nyata, sehingga memudahkan siswa dalam memahami aplikasinya (Hurrell & Speldewinde, 2021; Kotsopoulos et al., 2021). Oleh karena itu, studi ini akan membahas lebih jauh tentang berbagai model integrasi keilmuan dalam pembelajaran matematika serta implikasinya terhadap pendidikan di masa depan. Tradisi dalam pembelajaran matematika biasanya melibatkan metode pengajaran yang bersifat langsung, seperti ceramah dan hafalan rumus. Meskipun metode ini memiliki nilai dalam memahami dasar-dasar matematika, ia sering kali mengabaikan aspek aplikatif dan kontekstual yang penting bagi siswa.

Metode tradisional ini memiliki kekuatan tertentu, khususnya dalam membangun fondasi yang kokoh bagi siswa dalam memahami konsep-konsep matematika yang fundamental. Dengan pembelajaran yang sistematis, siswa dapat mengembangkan kemampuan analitis, pemahaman logika, serta keterampilan pemecahan masalah yang terukur. Sebagai contoh, pendekatan algoritmik dalam memecahkan persamaan atau menemukan nilai dalam suatu deret sangat efektif untuk meningkatkan ketepatan dan ketelitian siswa (Schmidt dkk, 2022). Namun, salah satu kelemahan utama dari pendekatan tradisional ini adalah cenderung terfokus pada penguasaan teknik dan hafalan, bukan pada pemahaman mendalam serta aplikasi konteks dunia nyata. Pembelajaran yang berfokus pada hasil akhir, seperti nilai ujian, seringkali mengabaikan pengembangan kemampuan berpikir kritis dan kreatif siswa (Boaler, 2021). Sebagai akibatnya, banyak siswa yang merasa kesulitan menghubungkan matematika dengan situasi kehidupan sehari-hari. Mereka menganggap matematika sebagai ilmu yang abstrak dan terpisah dari konteks dunia nyata, sehingga motivasi belajar mereka seringkali menurun.

Pendekatan ini tidak selalu memotivasi siswa untuk berfikir kritis atau mengkaitkan konsep-konsep matematika dengan dunia nyata. Sejak lama, pembelajaran matematika di berbagai jenjang

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pendidikan seringkali mengikuti pendekatan yang bersifat tradisional. Tradisi ini menekankan pada hafalan rumus, prosedur langkah demi langkah untuk menyelesaikan soal, serta latihan yang berulang-ulang. Metode ini didasarkan pada pandangan bahwa matematika adalah ilmu yang bersifat absolut, terstruktur, dan logis. Siswa diajak untuk menguasai teknik-teknik dasar seperti aritmatika, aljabar, geometri, dan kalkulus melalui latihan mekanis yang bertujuan agar mereka mahir dalam menerapkan aturan-aturan yang ada.

Inovasi dalam pembelajaran matematika mencakup penggunaan teknologi dan metode baru yang mendorong keterlibatan siswa. Misalnya, penggunaan perangkat lunak matematika, aplikasi pembelajaran, dan pembelajaran daring dapat membuat materi lebih interaktif dan menarik. Selain itu, metode seperti pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*) mengajak siswa untuk menyelesaikan masalah nyata, yang dapat meningkatkan pemahaman dan keterampilan praktis mereka. Seiring dengan berkembangnya tuntutan zaman, metode pembelajaran matematika juga mengalami perubahan dari pendekatan tradisional menuju pendekatan yang lebih inovatif. Inovasi dalam pembelajaran matematika bertujuan untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih relevan, kontekstual, dan terintegrasi dengan kebutuhan nyata di dunia modern. Salah satu inovasi terbesar dalam pembelajaran matematika adalah penggabungan teknologi dan pendekatan lintas disiplin yang lebih interaktif dan kolaboratif.

Di era kolaboratif, penting bagi siswa untuk belajar bekerja sama. Pembelajaran berbasis kelompok memungkinkan siswa untuk saling berbagi ide, memecahkan masalah bersama, dan membangun pengetahuan secara kolektif. Dalam konteks ini, guru berperan sebagai fasilitator yang mengarahkan diskusi dan mendorong siswa untuk aktif terlibat dalam proses belajar. Kolaborasi ini tidak hanya meningkatkan keterampilan sosial, tetapi juga memperkuat pemahaman konsep matematika. Pembelajaran kolaboratif adalah pendekatan pedagogis yang menempatkan kerja sama dan interaksi antarsiswa sebagai pusat proses pembelajaran. Dalam konteks pembelajaran matematika, kolaborasi membantu siswa untuk saling berbagi ide, berdiskusi tentang strategi pemecahan masalah, dan bekerja sama untuk mencapai tujuan bersama. Pendekatan ini berbeda dengan metode tradisional yang lebih individualis dan berfokus pada kompetisi, di mana siswa cenderung belajar secara mandiri dan jarang berinteraksi satu sama lain dalam memahami materi.

Pembelajaran kolaboratif dalam matematika menciptakan lingkungan belajar yang dinamis, di mana siswa dapat belajar dari berbagai perspektif dan saling membantu dalam memahami konsep-konsep yang kompleks. Dengan bekerja dalam kelompok, siswa didorong untuk mengungkapkan ide-ide mereka, mendengarkan pendapat orang lain, serta berpartisipasi aktif dalam proses pemecahan masalah. Hal ini sangat penting dalam mengembangkan kemampuan komunikasi matematis dan berpikir kritis, karena siswa belajar untuk menjelaskan pemikirannya, memberikan argumen, serta menerima umpan balik dari teman sebaya (Cohen et al., 2012). Salah satu keuntungan utama dari pembelajaran kolaboratif adalah kemampuannya untuk meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa. Dengan bekerja dalam tim, siswa cenderung merasa lebih termotivasi karena adanya tanggung jawab kolektif. Setiap anggota kelompok memiliki peran penting dalam menyelesaikan tugas, sehingga mereka lebih terdorong untuk berkontribusi aktif. Dalam konteks matematika, ini dapat mendorong siswa untuk lebih antusias dalam mengeksplorasi konsep-konsep baru dan mencoba berbagai pendekatan dalam memecahkan masalah. Penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran kolaboratif meningkatkan keterlibatan siswa dan memperbaiki hasil belajar mereka dibandingkan dengan metode pembelajaran tradisional yang lebih individualis (Johnson, 1999).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pada artikel ini, akan mengeksplorasi bagaimana cara mengembangkan inovasi didalam pembelajaran matematika pada era kolaboratif, dengan fokus pada bagaimana hal tersebut dapat membekali siswa dengan keterampilan yang diperlukan untuk menghadapi tantangan pada era kolaboratif. Mulai dari peningkatan kemampuan berpikir kritis hingga persiapan untuk dunia kerja yang semakin kompleks, mengembangkan inovasi yang dapat berperan penting dalam membentuk generasi yang mampu beradaptasi dan berkembang dalam era kolaboratif ini. Tujuan penulisan artikel ini adalah untuk mengetahui bagaimana inovasi dalam pembelajaran matematika pada era kolaboratif yang dapat meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa, serta mendorong kolaborasi antar disiplin ilmu dalam menghadapi tantangan di era kolaboratif, adapun manfaat dari penulisan artikel ini adalah dapat meningkatkan keterampilan berfikir kritis dan kolaboratif siswa, sehingga mereka dapat lebih siap menghadapi tantangan kompleks pada era kolaboratif.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah *systematic literature review* yang bertujuan untuk mengeksplorasi dan membuat sintesis mengenai dari tradisi ke inovasi: integrasi keilmuan dalam pembelajaran matematika pada era kolaboratif. Artikel dibatasi pada jurnal per review yang diterbitkan dalam dekade terakhir, antara tahun 2021 hingga Oktober 2024. Strategi pencarian dilakukan secara sistematis dengan meninjau artikel bidang pendidikan yang telah dipublikasikan di Google Scholar. Tahapan pada studi literatur dimulai dari mencari berbagai pustaka yang dibutuhkan; mengkaji dan mengumpulkan bahan pustaka; dan terakhir mengkaji studi kepustakaan. Pencarian ini bertujuan untuk mengeksplorasi artikel yang berkaitan dengan pembelajaran matematika dan integrasi keilmuan pada era kolaboratif agar dapat memperoleh temuan yang relevan (Habsy, 2017). Artikel yang memenuhi syarat tersebut dimasukkan ke dalam proses peninjauan yang lebih komprehensif, sementara artikel yang tidak memenuhi syarat akan dikeluarkan. Penjelasan yang sistematis tentang cara penelitian dilakukan, sesuai dengan tujuan, alat, bahan, dan sampel, dijelaskan secara rinci dalam paragraf yang mengalir dan mudah dimengerti. Denzin dan Lincoln (dalam Aspers & Corte, 2019) menyatakan bahwa penelitian kualitatif bertujuan untuk memahami atau menafsirkan peristiwa dalam kehidupan individu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembelajaran yang terstruktur secara linear seperti pembelajaran menggunakan metode ceramah juga cenderung mengabaikan kolaborasi atau kerja sama tim. Siswa lebih banyak bekerja sendiri dalam menyelesaikan soal-soal, dan jarang dilibatkan dalam diskusi atau eksplorasi bersama. Padahal, dalam dunia profesional dan kehidupan sehari-hari, kemampuan kolaborasi dan berpikir lintas disiplin menjadi sangat penting. Studi literatur menunjukkan bahwa pendekatan tradisional dalam pembelajaran matematika sangat efektif dalam jangka pendek untuk mempersiapkan siswa menghadapi ujian atau tes standar. Namun, untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dibutuhkan dalam era kolaboratif, diperlukan pendekatan yang lebih fleksibel, inovatif, dan kontekstual (Stacey, 2022). Ini menjadi salah satu alasan utama mengapa inovasi dalam pengajaran matematika sangat dibutuhkan, termasuk integrasi lintas disiplin yang mampu memperluas cakupan pemahaman siswa.

Hal diatas juga didukung oleh hasil pengelitian yang dilakukan oleh Rizal, dkk (2024) yang berjudul implementasi model pembelajaran kolaboratif untuk meningkatkan hasil belajar siswa, menegaskan bahwa pendekatan kolaboratif mendorong siswa untuk aktif terlibat dalam diskusi,

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pemecahan masalah, dan pemahaman bersama. Melalui kerja sama dalam kelompok, mereka belajar untuk mempertimbangkan berbagai sudut pandang, mengembangkan kemampuan berpikir kritis, dan menumbuhkan kreativitas dalam mencari solusi atas tantangan akademis yang kompleks. Implementasi model pembelajaran kolaboratif juga memiliki implikasi lebih luas dalam konteks pendidikan saat ini yang semakin menuntut pengembangan keterampilan abad ke-21. Dengan mengintegrasikan kolaborasi dalam pembelajaran, sekolah dapat menciptakan lingkungan belajar yang dinamis, inklusif, dan responsif terhadap kebutuhan belajar siswa yang beragam.

Pembelajaran dengan diimplementasikan pada era kolaboratif harusnya memiliki banyak inovasi baru, salah satu inovasi didalam pembelajaran yang banyak diterapkan adalah penggunaan teknologi digital. Teknologi seperti aplikasi matematika interaktif, perangkat lunak pemodelan, hingga simulasi virtual memungkinkan siswa untuk memahami konsep-konsep abstrak dengan cara yang lebih visual dan praktis. Contoh dari aplikasi ini termasuk GeoGebra, yang membantu siswa memvisualisasikan konsep geometri dan aljabar, serta Wolfram Alpha, yang dapat menyelesaikan masalah matematika yang kompleks secara langsung. Studi menunjukkan bahwa teknologi dapat meningkatkan keterlibatan siswa dan membuat pembelajaran menjadi lebih menarik dan dinamis (Gadanidis & Geiger, 2021). Selain itu, teknologi memungkinkan pengajaran bersifat adaptif, di mana pembelajaran dapat disesuaikan dengan kecepatan dan kebutuhan individu siswa.

Inovasi lain yang berkembang adalah pendekatan *problem-based learning* (PBL) dan *project-based learning* (PjBL). Dalam pendekatan ini, siswa diajak untuk mengerjakan proyek nyata atau menyelesaikan masalah yang diambil dari situasi dunia nyata. Dengan demikian, matematika tidak lagi diajarkan sebagai disiplin ilmu yang terpisah dari kehidupan sehari-hari, tetapi diintegrasikan ke dalam berbagai konteks praktis, seperti perencanaan anggaran, desain teknik, hingga pemodelan statistik dalam penelitian ilmiah. Pendekatan ini memungkinkan siswa mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kolaboratif, dan kreatif yang sangat dibutuhkan di abad ke-21 (Hmelo-Silver, 2024). Selain itu, integrasi pembelajaran lintas disiplin juga menjadi salah satu inovasi utama. Konsep STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) merupakan model yang sangat populer dalam dunia pendidikan saat ini. Pendekatan ini menggabungkan berbagai disiplin ilmu dan mengajak siswa untuk melihat keterkaitan antara matematika dan bidang lain. Misalnya, dalam proyek STEAM, siswa bisa menggunakan matematika untuk merancang model jembatan (teknik), menghitung kecepatan kendaraan (fisika), atau memodelkan pola geometris dalam karya seni (seni visual). Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep matematika, tetapi juga memperkaya mereka dengan perspektif interdisipliner yang lebih luas (Bequette, 2022).

Dari berbagai inovasi pembelajaran yang dapat dikembangkan pada era kolaboratif diatas, sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Saifudin, dkk (2024) mengenai tantangan dan peluang inovasi pembelajaran matematika di era revolusi industri 4.0 yang menyatakan bahwa terdapat beberapa inovasi pendekatan pembelajaran matematika dalam era Revolusi Industri 4.0, seperti STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics*), *Blended Learning*, Pembelajaran Berbasis *Game*, dan Simulasi Matematika, yang dapat membantu siswa memahami konsep matematika dalam konteks dunia nyata. Penggunaan teknologi dalam pembelajaran matematika, seperti perangkat lunak simulasi, permainan edukatif, dan platform daring, dapat meningkatkan interaktivitas dan daya tarik pembelajaran matematika. Selanjutnya, pendekatan pembelajaran berbasis kolaborasi juga menjadi bagian penting dari inovasi dalam pendidikan matematika. Di era kolaboratif saat ini, kemampuan untuk bekerja dalam tim dan berpikir bersama sangat penting. Oleh karena itu, kegiatan kelompok dan diskusi kelas mulai banyak diterapkan dalam

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pembelajaran matematika. Diskusi dan kolaborasi ini membantu siswa untuk berbagi ide, mengatasi kesulitan bersama, dan mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam tentang materi yang dipelajari (Goos dkk, 2021). Inovasi-inovasi ini diharapkan mampu menjawab tantangan pembelajaran matematika di era modern yang semakin kompleks dan menuntut keterampilan lebih dari sekadar hafalan dan prosedur standar. Dengan demikian, pembelajaran matematika dapat menjadi lebih kontekstual, relevan, dan mampu mempersiapkan siswa untuk menghadapi tantangan di dunia nyata.

Meskipun transformasi ini menjanjikan banyak manfaat, ada beberapa tantangan yang harus dihadapi. Guru perlu mendapatkan pelatihan yang memadai untuk dapat menerapkan pendekatan baru dan memanfaatkan teknologi secara efektif. Selain itu, infrastruktur yang mendukung akses teknologi di sekolah-sekolah juga menjadi perhatian penting. Tanpa dukungan yang memadai, upaya inovasi dapat terhambat. Pertama, kesiapan guru dan pelatihan profesional, salah satu tantangan utama dalam implementasi integrasi keilmuan dan inovasi dalam pembelajaran matematika adalah kesiapan dan kemampuan guru. Guru sering kali sudah terbiasa dengan metode pengajaran tradisional yang berfokus pada hafalan dan penyelesaian soal secara mekanis, sehingga transisi ke pendekatan yang lebih inovatif dan terintegrasi membutuhkan perubahan paradigma yang signifikan. Banyak guru mungkin merasa kurang percaya diri dalam menggunakan teknologi atau memfasilitasi pembelajaran berbasis proyek yang melibatkan kolaborasi lintas disiplin. Penelitian menunjukkan bahwa kurangnya pelatihan profesional yang berkelanjutan merupakan salah satu faktor penghambat dalam adopsi pendekatan baru ini (Muijs & Lindsay, 2017). Kedua, keterbatasan infrastruktur dan akses yeknologi, inovasi pembelajaran matematika, terutama yang melibatkan penggunaan teknologi digital, membutuhkan dukungan infrastruktur yang memadai. Di banyak sekolah, khususnya di daerah yang kurang berkembang, akses terhadap perangkat teknologi seperti komputer, tablet, atau internet masih sangat terbatas. Hal ini menghambat upaya untuk menerapkan pembelajaran berbasis teknologi dan kolaborasi virtual. Sekolah dengan sumber daya terbatas mungkin kesulitan dalam menyediakan perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk mengimplementasikan inovasi pendidikan seperti simulasi matematika atau pemodelan 3D (Anderson & Dexter, 2018). Ketiga kurangnya dukungan kurikulum, implementasi integrasi keilmuan dalam pembelajaran matematika sering kali terganjal oleh kurikulum yang masih bersifat terkotak-kotak dan kaku. Kurikulum yang ada saat ini sering memisahkan berbagai disiplin ilmu, sehingga membuat integrasi lintas disiplin seperti STEAM menjadi sulit diterapkan. Selain itu, banyak kurikulum yang masih terlalu berorientasi pada ujian dan standar penilaian yang berfokus pada hasil akademik, sehingga guru merasa terpaksa mengikuti pendekatan tradisional yang lebih aman dalam mengejar target penilaian ini (Boesen et al., 2014), (4) Resistensi terhadap perubahan, tantangan lain yang signifikan adalah resistensi terhadap perubahan, baik dari kalangan guru, siswa, maupun orang tua. Banyak pihak yang masih menganggap bahwa pendekatan tradisional yang berfokus pada hafalan dan latihan soal adalah metode yang paling efektif untuk pembelajaran matematika. Perubahan ke arah pendekatan yang lebih inovatif dan terintegrasi sering kali dipandang sebagai risiko, terutama dalam hal pencapaian hasil ujian, (5) Tantangan dalam pengelolaan kelas, pengelolaan kelas dalam pembelajaran kolaboratif dan berbasis proyek juga menjadi tantangan tersendiri. Guru perlu memiliki keterampilan yang baik dalam memfasilitasi diskusi kelompok, mengelola dinamika kelas yang aktif, dan memastikan bahwa semua siswa terlibat secara aktif dalam proses belajar. Ketidakseimbangan partisipasi dalam kelompok dapat menyebabkan beberapa siswa kurang berkontribusi, sementara siswa lain mungkin mendominasi diskusi. Pengelolaan waktu yang efektif juga menjadi tantangan,

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

karena pembelajaran berbasis proyek biasanya memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan metode pengajaran tradisional (Slavin, 2014).

KESIMPULAN

Inovasi pembelajaran matematika di era kolaboratif merupakan upaya didalam pengembangan pendekatan, metode, teknologi maupun strategi baru dalam pengajaran matematika. Inovasi dalam pembelajaran matematika sangat penting untuk meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa. Pendekatan kolaboratif, yang melibatkan kerja sama antar siswa, dapat meningkatkan motivasi dan hasil belajar. Selain itu, penggunaan teknologi dan metode pengajaran yang kreatif juga terbukti efektif dalam mendukung pembelajaran yang lebih interaktif dan relevan dengan kebutuhan zaman. Adaptasi kurikulum dan pelatihan guru dalam menerapkan metode ini menjadi kunci keberhasilan inovasi dalam pembelajaran matematika.

Di era digital ini, pembelajaran matematika perlu beradaptasi dengan perubahan cara siswa belajar. Pendekatan tradisional yang bersifat individual mulai ditinggalkan, dan metode kolaboratif muncul sebagai solusi yang lebih efektif. Pembelajaran kolaboratif mendorong siswa untuk bekerja sama, berbagi ide, dan saling mengajarkan. Ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep matematika, tetapi juga membangun keterampilan sosial dan komunikasi. Siswa yang terlibat dalam kelompok belajar cenderung lebih termotivasi dan aktif berpartisipasi. Inovasi dalam pembelajaran matematika juga mencakup integrasi teknologi, seperti perangkat lunak pendidikan, aplikasi pembelajaran, dan platform online. Teknologi ini memberikan akses kepada siswa untuk belajar dengan cara yang lebih interaktif dan menarik, serta memungkinkan pembelajaran jarak jauh yang fleksibel. Guru diharapkan untuk mengembangkan strategi pengajaran yang kreatif, termasuk penggunaan permainan, simulasi, dan proyek kelompok. Metode ini dapat membuat pembelajaran matematika lebih relevan dan kontekstual, sehingga siswa dapat melihat aplikasi nyata dari konsep yang dipelajari. Agar inovasi ini berhasil, pelatihan dan pengembangan profesional bagi guru sangat penting. Guru perlu memahami cara menerapkan metode kolaboratif dan teknologi secara efektif dalam kelas. Mereka juga harus mampu menyesuaikan pendekatan mereka dengan kebutuhan dan karakteristik siswa. Meskipun ada banyak keuntungan, penerapan inovasi ini juga menghadapi tantangan, seperti kurangnya sumber daya, resistensi terhadap perubahan, dan kebutuhan akan evaluasi yang tepat. Solusi untuk tantangan ini mencakup dukungan dari lembaga pendidikan dan kolaborasi antar guru untuk berbagi praktik terbaik.

Secara keseluruhan, artikel ini menegaskan bahwa untuk meningkatkan kualitas pembelajaran matematika, penting untuk mengintegrasikan inovasi, pendekatan kolaboratif, dan teknologi, serta memastikan dukungan yang memadai bagi guru. Hal ini diharapkan dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih dinamis dan menyenangkan bagi siswa.

DAFTAR PUSTAKA

Anderson, R. E., & Dexter, S. (2018). School Technology Leadership: An Empirical Investigation of Prevalence and Effect on School Effectiveness. *Educational Administration Quarterly, 41*. (1), 49-82.

Bequette, J. W. (2022). A Place for Art and Design Education in the STEM Conversation. *Art Education*, 65(2), 40-47.

Boaler, J. (2021). *Mathematical Mindsets: Unleashing Students' Potential through Creative Math, Inspiring Messages, and Innovative Teaching*. Jossey-Bass.

Boesen, J., et all. (2014). The Relation between Types of Assessment Tasks and the Mathematical Reasoning Students Use. *Educational Studies in Mathematics*, 75. (1), 1-23.

Cohen, E. G., et all. (Eds.). (2012). *Teaching Cooperative Learning: The Challenge for Teacher Education*. SUNY Press.

Dillenbourg, P. (1999). *Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches*. Elsevier.

Fullan, M. (2001). *The New Meaning of Educational Change*. Teachers College Press.

Gadanidis, G., & Geiger, V. (2021). A Social Perspective on Technology Enhanced Mathematical Learning: From Collaboration to Performance. *ZDM – Mathematics Education*, 42(1), 91–104.

Goos, M., Galbraith, P., & Renshaw, P. (2021). Socially Mediated Metacognition: Creating Collaborative Zones of Proximal Development in Small Group Problem Solving. *Educational Studies in Mathematics*, 49(2), 193-223.

Hmelo-Silver, C. E. (2024). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266.

Hurrell, D., & Speldewinde, C. (2021). Integrating Mathematics with Other Learning Areas in Primary Classrooms: Exploring Benefits and Challenges. *Mathematics Education Research Journal*, 33(2), 187-203. https://doi.org/10.1007/s13394-020-00318-y

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1999). *Learning Together and Alone: Cooperative, Competitive, and Individualistic Learning*. Allyn and Bacon.

Kirschner, P. A., dkk. (2009). Designing Electronic Collaborative Learning Environments. *Educational Technology Research and Development*, 52(3), 47-66. https://doi.org/10.1007/s11423-005-3174-2

Kotsopoulos, D., et all. (2021). STEM Education and Mathematics Integration: Challenges and Opportunities. *Journal of Research in STEM Education*, 2(1), 1-14. https://doi.org/10.1007/s41979-021-00023-3

Muijs, D., & Lindsay, G. (2017). Where Are We at? An Empirical Study of Levels and Methods of Evaluating Continuing Professional Development. *British Educational Research Journal*, 34. (2), 195-211.

Rizal, dkk. (2024). Implementasi Model Pembelajaran Kolaboratif Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *MESIR: Journal of Management Education Social Sciences Information and Religion*. Vol 1. No 2.

Schmidt, W. H., et all. (2022). A Coherent Curriculum: The Case of Mathematics. *American Educator*, 26(2), 1-18.

Stacey, K. (2022). The PISA View of Mathematical Literacy in Indonesia. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 34(1), 1-22.

Slavin, R. E. (2014). *Educational Psychology: Theory and Practice*. Pearson Education.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Efektivitas LKPD Berbantuan *Classpoint* untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa Kelas VIII

Ardia Pramesty Riski Cahyani[1*], & Tiur Malasari Siregar[2]
[1,2]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:ardia.pramesti02@gmail.com*

Abstrak, rendahnya tingkat minat belajar matematika siswa disekolah dipengaruhi oleh pembelajran yang membosankan. Tujuan dalam penelitina ini adalah untuk mengetahui efektivitas LKPD berbantuan classpoint untuk meningkatkan minat belajar siswa. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan desain pre-eksperimen. Sampel penelitian terdiri dari peserta didik kelas VIII-2, dengan teknik pengumpulan data berdasarkan empat indikator. Analisis data dilakukan melalui uji normalitas, uji homogenitas, dan uji independen sampel t test yang dihitung menggunakan bantuan software SPSS 26. Hasil penelitian menunjukan (1) Ketuntasan belajar klasikal siswa sebesar 87,5% siswa yang tuntas dengan nilai rata-rata sebelum menggunakan LKPD classpoint adalah 46,52 dan nilai setelah penggunaan LKPD adalah 84,37.(2) Aktivitas belajar siswa sebesar 79,62 dengan kategori aktif. (3) Respon siswa terhadap LKPD yang diberikan sangat positif dengan rata-rata 87,5%. (4) Adapun untuk minat belajar siswa meningkat dari kategori cukup menjadi tinggi yakni dari 70,82 menjadi 76,52. Hasil pengujian hipotesis pada taraf signifikansi $\propto = 0{,}05$ diperoleh$|\ t_{hitung}| > t_{tabel}$ dimana t_{hitung} = -3,557 sedangkan t_{tabel} = 1,694, sehingga | - 3,557 | > 1,694 berarti rata-rata minat belajar siswa setelah menggunakan LKPD berbantuan classpoint lebih tinggi dibandingkan sebelum pengguanaannya. Berdasarkan keempat analisis data tersebut maka dapat disimpulkan bahwa LKPD berbantuan classpoint efektif dalam meningkatkan minat belajar siswa.
Kata kunci : Classpoint; Efektivitas ; LKPD ; Minat Belajar

Abstract, *the low level of interest in learning mathematics in schools is influenced by boring learning. The purpose of this study was to determine the effectiveness of LKPD assisted by classpoint to increase student interest in learning. This study used a quantitative method with a pre-experimental design. The research sample consisted of students in class VIII-2, with data collection techniques based on four indicators. Data analysis was carried out through normality tests, homogeneity tests, and independent sample t-tests calculated using SPSS 26 software. The results of the study showed (1) The classical learning completeness of students was 87.5% of students who completed it with an average score before using LKPD classpoint was 46.52 and the score after using LKPD was 84.37. (2) Student learning activity was 79.62 with an active category. (3) Student responses to the LKPD given were very positive with an average of 87.5%. (4) As for student learning interest, it increased from the sufficient category to high, namely from 70.82 to 76.52. The results of hypothesis testing at a significance level of ∝=0.05 obtained | t_count | > t_table where t_count = -3.557 while t_table = 1.694, so | - 3.557 | > 1.694 means that the average student interest in learning after using LKPD assisted by classpoint is higher than before its use. Based on the four data analyses, it can be concluded that LKPD assisted by classpoint is effective in increasing student interest in learning.*
Keywords: *Classpoint; Effectiveness; LKPD; Interest in Learning*

Citation : Cahyani, A. P. R., & Siregar, T. M. (2024). Efektivitas LKPD Berbantuan Classpoint untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa Kelas VIII. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 479 – 485

PENDAHULUAN

Matematika adalah salah satu bidang ilmu inti yang ada dalam sistem pendidikan. Matematika memiliki peran yang sangat penting, untuk itu perlu dipelajari dan dikuasai karena memiliki banyak manfaat bagi kehidupan sehari-hari. Pentingnya penguasaan ilmu matematika juga dijelaskan dalam

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional, khususnya pada Pasal 37 yang menegaskan bahwa Matematika merupakan salah satu mata pelajaran wajib dalam kurikulum pendidikan dasar dan menengah. Meskipun matematika memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan, kenyataan di lapangan tidak selalu mencerminkan dukungan terhadap hal tersebut. Sebagian besar siswa menganggap matematika sebagai mata pelajaran yang sulit dan membosankan karena melibatkan banyak rumus yang sulit dihafal dalam menyelesaikan soal-soal (Oktaviani et al., 2020). Menurut (Handayani & Mahrita, 2021) Banyak siswa mengaku tidak pernah tertarik pada pembelajaran matematika. Mereka cenderung kurang menyukai mata pelajaran ini, bahkan menganggapnya sebagai sesuatu yang menakutkan dan sebisa mungkin dihindari (Kholil and Zulfiani 2020)

Dalam pembelajaran matematika yang bersifat abstrak, banyak siswa menganggap mata pelajaran ini sulit. Oleh karena itu, diperlukan media pembelajaran sebagai alat bantu yang dapat membantu siswa memahami materi dengan lebih jelas, sehingga konsep yang disampaikan oleh guru dapat dipahami lebih cepat (Muspitatul Khusnah, Ritha Tuken 2021). Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berfungsi sebagai sarana yang mendukung dan mempermudah proses belajar mengajar, memungkinkan terciptanya interaksi yang efektif antara peserta didik dan pendidik. Dengan demikian, LKPD dapat berkontribusi dalam meningkatkan minat belajar peserta didik serta mendukung pencapaian prestasi akademik yang lebih bai k (Yulia and Arif 2019). Pemanfaatan bahan ajar LKPD dalam proses pembelajaran efektif dalam menarik minat peserta didik. Hal ini membuat pembelajaran lebih aktif dan interaktif, sehingga secara signifikan dapat meningkatkan minat belajar mereka (Farid and Sudarma 2022).

Menurut (Nasir 2022) LKPD adalah sebuah bahan ajar cetak berbentuk lembaran kertas berisi materi, ringkasan materi, dan petunjuk penyelesaian tugas yang harus diselesaikan oleh siswa yang sesuai dengan kompetensi yang harus dicapai. LKPD adalah Salah satu alat pendukung yang mempermudah proses belajar mengajar serta memungkinkan terbentuknya interaksi yang efektif (Rumbarak et al. 2021). Dengan berkembangnya teknologi, penyajian bahan ajar yang sebelumnya dicetak kini beralih ke format digital dan berbasis online. Salah satu contoh bahan ajar berbasis elektronik adalah LKPD elektronik, yang sering disebut sebagai E-LKPD (Wulansari and Nuryadi 2022). E-LKPD atau LKPD digital memiliki komponen yang sama dengan LKPD versi cetak. Perbedaannya terletak pada tambahan visualisasi digital, seperti video pembelajaran, media berbasis TIK, serta grafik dan diagram yang lebih menarik (Ramadhani, 2020: 137). Salah satu LKPD digital yang dapat digunakan untuk melakukan inovasi dalam proses pembelajaran adalah dengan menggunakan bantuan *classpoint.*

Classpoint adalah aplikasi e-learning interaktif yang dikembangkan untuk mendukung pembelajaran digital. Aplikasi ini memungkinkan guru menyusun materi pembelajaran serta merancang pertanyaan interaktif langsung dalam PowerPoint (Waty 2023). Penggunaan *classspoint* pada pembelajaran dapat membantu proses pembelajaran (Kurniawan and Yatri 2022). Penggunaan media presentasi *classpoint* berdampak badik bagi peningkatan hasil belajar siswa (Dian Handayani, 2021). *ClassPoint* menyediakan berbagai fitur untuk menyusun Materi pembelajaran yang menarik serta meningkatkan partisipasi siswa dalam pelajaran. Melalui aplikasi ini, guru dapat membuat kuis interaktif serta menulis atau membuat coretan seperti di papan tulis (Dian Handayani, 2021). Dengan *classpoint,* kegiatan belajar-mengajar dapat menjadi lebih interaktif dan tidak membosankan.

Sesuai hasil observasi dan wawancara yang dilakukan peneliti kepada seorang guru matematika di SMP Negeri 17 Medan didapat informasi bahwa guru-guru disekolah ini masih sangat sedikit yang menggunakan bahan ajar terkhusus penggunaaan LKPD. Terlebih lagi di kelas VIII guru hanya menggunakan buku paket dalam mengajar tanpa menerapkan LKPD selama pembelajaran. Hal ini berdampak pada minat belajar siswa disekolah ini. Berdasarkan hal tersebut, peneliti mencoba menerapkan perangkat pembelajaran berupa LKPD berbantuan *classpoint* untuk membuktikan bahwa penggunaannya dapat menarik minat peserta didik terhadap pembelajaran, sehingga meningkatkan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

minat belajar mereka serta efektivitasnya dalam pembelajaran. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan LKPD pada materi relasi dan fungsi untuk siswa kelas VIII di SMP Negeri 17 Medan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian *pre-experiment* dengan desain *One-Group Pretest-Posttest* Adapun subjek penelitiannya adalah peserta didik kelas VIII-2 SMP Negeri 17 Medan sebanyak 32 peserta didik. Variabel dalam penelitian ini yaitu variabel bebas (LKPD Berbantuan *classpoint*) dan variabel terikat (Minat belajar siswa). Instrument dalam penelitian ini antara lain angket minat belajar, angket respon siswa, lembar observasi aktivitas siswa, dan tes kemampuan siswa. Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi uji statistik deskriptif, uji prasyarat berupa uji normalitas dengan metode Kolmogorov-Smirnov, serta uji hipotesis dengan menggunakan paired sample t-test untuk mengevaluasi efektivitas LKPD berbantuan ClassPoint. Penelitian ini diawali dengan observasi di SMP Negeri 17 Medan. Setelah mengidentifikasi permasalahan di sekolah tersebut, peneliti merancang perlakuan, Merancang instrumen penelitian, mengumpulkan data, menganalisis temuan, menyusun laporan penelitian, serta menarik kesimpulan.

Untuk kefektifannya, peneliti memberikan kriteria keefektifan dengan mengacu pada; (1) skor rata-rata tes pemahaman siswa diatas KKM (75); (2) hasil ketutasan tes kemampuan siswa secara klasikal minimal 85%; (3) aktivitas beajar siswa dalam pembelajaran berategori aktif; (4) respon siswa sesudah penggunaan LKPD berbantuan *classpoint* berkategori cukup/positif; (5) adanya peningkatan minat belajar siswa sebelum dan sesudah penggunaan LKPD berbantuan *classpoint.*

Indikator keberhasilan dari efektivitas pada penelitian ini dianalisis komponen ketuntasan belajar klasikal siswa, data hasil belajar siswa dianalisa untuk mengetahui ketercapian ketuntasan belajar siswa, secara individu tercapai apabila mencapai nilai KKM yakni 75, selain itu untuk ketuntasan klasikal tercapai apabila 85% siswa sudah memenuhi KKM dengan menggunakan persamaan $Nilai = \frac{Skor\ yang\ diperoleh}{Skor\ maksimum}\ x\ 100$. Sedangkan ketuntasan hasil belajar secara individu menggunakan persamaan (1) dimana KB = Ketuntasan Belajar; T= Jumlah skor siswa; dan Tt = Jumlah skor keseluruhan.

$$KB = \frac{T}{T_i}\ x\ 100\% \quad (1)$$

Selanjutnya yang dianalisis adalah ketuntasan belajar secara klasikal menggunakan persamaan (2), diaman PKK= persentase ketuntasan klasikal, T = total Peserta yang Tuntas (KB≥ 75%, dan T_t= total jumlah peserta didik per kelas

$$PKK = \frac{T}{T_t}\ x\ 100\% \quad (2)$$

Selanjutnya aktivitas peserta didik dianalisis melalui observasi terhadap keterlibatan mereka dalam pembelajaran, kemudian persentase frekuensi aktivitas dihitung dengan membandingkan jumlah skor yang diperoleh dengan skor maksimal yang kemudian, hasil yang diperoleh dikatogirikan sesuai tabel 1.

Tabel 1. Kategori Aktivitas Peserta Didik

Persentase	Kriteria
80% ≤ ABS ≤ 100%	Sangat Aktif
60% ≤ ABS < 80%	Aktif
40% ≤ ABS < 60%	Cukup Aktif
20% ≤ ABS < 40%	Kurang Aktif
0% ≤ ABS < 20%	Tidak Aktif

(Oktiariani & Lutfiati, 2013:7)

Respon peserta didik juga dianalisis melalui observasi terhadap tanggapan mereka terhadap proses pembelajaran, kemudian persentase frekuensi respon dihitung dengan membandingkan jumlah skor dan skor maksimal dan hasil nya dikategorikan sesuai dengan tabel 2. Data yang dianalisis selanjutnya adalah minat belajar siswa, Analisa yang digunakan adalah uji normalitas dan Uji hipotesis dilakukan untuk menentukan apakah terdapat pengaruh LKPD yang diberikan terhadap

minat belajar siswa. Adapun indikator minat yang digunakan adalah, perasaan senang, perhatian siswa, ketertarikan siswa, dan keterlibtan siswa. Menurut Anas Sudijono (2011) mengukur minat belajar siswa, dapat menggunakn persamaan (3), dimana P = Persentase yang dicari, F = Frekuensi jawaban, dan N = Jumlah skor maksimal dan dikategorikan seperti pada tabel 3.

Tabel 2. Kategori Respon Peserta Didik

Skor Siswa	Kriteria Respon Siswa
85% ≤ RS	Sangat Positif
70% ≤ RS < 85%	Positif
50% ≤ RS < 70%	Kurang Positif
0% ≤ RS < 50 %	Tidak Positif

(Aulia, 2021 : 49

$$P = \left(\frac{F}{N}\right) x100\% \quad (3)$$

Tabel 3. Kriteria Minat Belajar Matematika

No	Skor yang diperoleh	Kategori
1	76 – 100%	Sangat tinggi
2	51 – 75%	Cukup
3	25 – 50%	Kurang
4	0 – 25%	Sangat Rendah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis data yang dilakukan kepada 32 peserta didik kelas VIII-2 SMP Negeri 17 Medan, diperoleh informasi data seperti data pada tabel 4 statistik diperoleh rata-rata kemampuan siswa adalah 84,38 berada diatas nilai KKM 75. Adapun perolehan hsil ketuntasan belajar klasikal siswa yaitu 87,5% Sebanyak 87,5% siswa mencapai KKM yang ditetapkan, sementara 12,5% lainnya belum memenuhi KKM. Berdasarkan indikator keefektifan hasil belajar matematika secara klasikal, persentase siswa yang memenuhi KKM lebih besar dari 85%. Oleh karena itu, pembelajaran menggunakan LKPD berbantuan ClassPoint dapat dikatakan memenuhi kriteria keefektifan secara klasikal.

Tabel 4. Data Hasil Statistik Deskriptif Tes Kemampuan Siswa

No	Statistik Deskriptif	Data
1	Jumlah Siswa	32
2	Jumlah Nilai	2.699,99
3	Rata-rata	84,38
4	Standard Deviasi	10,693
5	Varians	114,350
6	Maksimum	94,44
7	Minimum	38,89

Aktivitas peserta didik fluktuatif pada pertemuan pertama 81% siswa aktif, pertemuan kedua sebanyak 76,4% siswa aktif, dan pada pertemuan ketiga sebanyak 81, 84% siswa aktif. Berdasarkan skor hasil observasi yang diperoleh dari 3 pertemuan yang dilaksanakan diperoleh rata-rata sebesar 79,62%. rata-rata keseluruhan sebesar 79,62%, yang menunjukkan bahwa aktivitas belajar siswa termasuk dalam kategori aktif. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan LKPD berbantuan ClassPoint memenuhi kriteria keefektifan, karena persentase aktivitas siswa (79,62%) lebih tinggi dari batas minimal 60%, sehingga dikategorikan sebagai aktif.

Tabel 5. Data Hasil Respon Peserta Didik

Skor Siswa	Banyak Responden	Kriteria
$85\% \leq RS$	18	Sangat Positif
$70\% \leq RS < 85\%$	10	Positif
$50\% \leq RS < 70\%$	4	Kurang Positif
$RS \leq 50\%$	0	Tidak Positif

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Berdasarkan indikator yang digunakan, respons siswa dianggap efektif jika skor rata-rata respons siswa mencapai setidaknya 70% atau termasuk dalam kategori positif. Setelah dilakukan analisis data angket respon yang diisi oleh 32 siswa diperoleh hasil bahwa sebanyak 18 peserta didik (56,25%) merespon LKPD dengan kriteria sangat positif, sebanyak 10 peserta didik (31,25%) merespon dengan kriteria positif, dan sebanyak 4 peserta didik (12,5%) merespon dengan kriteria kurang positif. Secara keseluruhan diperoleh hasil skor rata-rata respon siswa sebesar 85,75%. Sesuai dengan indikator keefektifan, respons peserta didik terhadap pembelajaran dianggap efektif jika mencapai minimal 70% atau masuk dalam kategori positif. Hasil penelitian diperoleh persentase respon peserta didik terhadap pembelajaran menggunakan LKPD berbantuan *classpoint* sebanyak 85,75% > 70%, Sehingga dengan demikian LKPD berbantuan *classpoint* dikatakan efektif dalam meningkatkan minat belajar pada indikator respon siswa.

Tabel 6. Data Hasil Minat Belajar Siswa

	N	Range	Skor Min	Skor Max	Total Skor	Rerata	Std. Deviasi
Angket Minat Sebelum	32	32,5	55	87,5	2.266,25	70,82	7,32
Angket Minat Sesudah	32	35	58,75	93,75	2.448,75	76,52	7,49

Berdasarkan tabel 6 diperoleh hasil bahwa terdapat perbedaan skor maksimal dan minimal sebesar 32,5 pada minat sebelum pengguaan LKPD dan sebesar 35 pada minat setelahh penggunaan LKPD. Adapun perbedaan nilai minimal pada angket minat sebelum dan yakni meningkatkan sebesar 3,75 dari skor 55 menjadi 58,75, sedangkan pada nilai maksimal terdapat perbedaan 6,25 yakni dari 87,5 menjadi 93,75. Adapun untuk rata-rata minat belajar sebelum dan sesesudah juga mengalami peningkatan dari 70,82 menjadi 76,52.Berdasarkan indikator keefektifan minat belajar sesuai kriteria didapat rata-rata minat siswa setelah penggunaan LKPD berbantuan classpoint yaitu 76,52 lebih tinggi dibandingkan dengan minat sebelum penggunaan LKPD berbantuan classpoint.

Tabel 7 . Hasil Analisis Minat Siswa Perindikator

Indikator Minat Belajar	Sebelum	Sesudah	Peningkatan
Perasaan senang siswa dalam mengikuti pembelajaran	70,3%	82.9%	12,6%
Perhatian siswa terhadap pembelajaran	70,4%	72,5%	2,1%
Ketertarikan Siswa terhadap pembelajaran	70,9%	75,9%	5%
Keterlibatan siswa terhadap pembelajaran	71,5%	74,6%	3,1%
Rata-rata	**70,8%**	**76,5%**	**5,7%**

Berdasarkan tabel 7 diperoleh kesimpulan bahwa setiap indikator minat belajar siswa mengalami peningkatan. Adapun peningkatan terendah terjadi pada indikator perhatian siswa dalam pembelajaran yakni sebesar 2,1%, sedangkan untuk peningkatan tertinggi terjadi pada indikator perasaan senang dalam pembelajara sebesar 12,6%. Adapun hasil rata-rata minat siswa sebelum penggunaan LKPD berbantuan classpoint berada pada kategori cukup yakni sebesar 70,8%, sedangkan minat siswa setelah pengguanaan LKPD classpoint berada pada tingkat sangat tinggi yakni sebesar 76,5%. Maka tedapat peningkatan minat siswa sebesar 5,7% dan minat siswa meningkat dari kategori cukup menjadi tinggi

Selanjutnya analisis inferensial, seperti uji normalitas data dilakukan untuk mengetahui bahwa data hasil minat belajar siswa sebelum dan sesudah penggunaan LKPD berbantuan *classpoint*. Untuk menentukan apakah data berdistribusi normal atau tidak, digunakan uji normalitas dengan metode Kolmogorov-Smirnov. Data dikatakan berdistribusi normal apabila nilai signifikansi (p-value) lebih besar dari 0,05. Dalam penelitian ini, analisis normalitas dilakukan dengan menggunakan aplikasi SPSS versi 26, dengan hasil pada Tabel 8 berikut:berdistribusi normal atau tidak.

Tabel 8. Hasil Uji Normalitas Data

	Kolmogorov-Smirnov			**Shapiro-Wilk**		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Angket Minat Sebelum	0,413	32	0,095	0,947	32	0,119
Angket Minat Sesudah	0,093	32	0,200	0,988	32	0,967

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Hasil pengujian normalitas data dengan metode Kolmogorov-Smirnov menggunakan aplikasi SPSS versi 26 menunjukkan bahwa nilai signifikansi minat belajar sebelum pembelajaran adalah 0,413, yang lebih besar dari 0,05, dengan demikian data berdistribusi normal. Sementara itu, nilai signifikansi minat belajar setelah pembelajaran adalah 0,093, yang juga lebih tinggi dari 0,05, sehingga data tersebut tetap berdistribusi normal. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa data minat belajar siswa sebelum dan sesudah pembelajaran keduannya berdistribusi normal.

Pengujian hipotesis dalam penelitian ini dilakukan menggunakan uji t dengan bantuan aplikasi SPSS versi 26. Pengaruh LKPD berbantuan ClassPoint terhadap minat belajar siswa dianalisis melalui perbandingan dua rata-rata yang telah dinormalisasi. Kriteria pengujian menyatakan bahwa jika nilai signifikansi > 0,05, maka Ho diterima dan Ha ditolak, yang berarti tidak terdapat perbedaan nilai sebelum dan sesudah perlakuan. Sebaliknya, jika nilai signifikansi < 0,05, maka Ho ditolak dan Ha diterima, menunjukkan adanya perbedaan nilai sebelum dan sesudah diberikan perlakuan.

Tabel 9. Hasil Uji Paired Sample t test

Variabel	Perlakuan	Mean	N	t-hitung	t-tabel	Sig.
Minat Belajar Siswa	Sebelum	70,82	32	-3,557	1,694	0,001
	Sesudah	76,52				

Dalam penelitian ini, didapatkan nilai rata-rata angket minat sebelum 70,82 dan rata-rata angket sesudah 76,52. Hasil pengujian hipotesis pada tingkat signifikansi $\propto$ =0,05 diperoleh| t_hitung| > t_tabel dimana t_hitung = -3,557 sedangkan t_tabel = 1,694, sehingga | - 3,557 | > 1,694. Berdasarkan kriteria pengujian hipotesis, H_0 ditolak dan H_1 diterima hal ini menunjukkan bahwa rata-rata minat belajar siswa setelah menggunakan LKPD berbantuan classpoint lebih tinggi dibandingkan rata-rata minat sebelumnya. Perbandingan rata-rata minat sebelum dan sesudah siswa yaitu 70,82 < 76,52 dengan selisih sebesar 5,7. Dari hasil data diatas, bisa dikatakan bahwa pembelajaran dengan menggunakan LKPD berbantuan *classpoint* efektif dalam meningkatkan minat belajar peserta didik kelas VIII SMP Negeri 17 Medan. Hal ini dapat dilihat dari tercapainya 4 indikator keefektifan yakni ketuntasan belajar klasikal siswa lebih dari 85% yaitu sebesar 87,5%, Aktivitas belajar siswa berada pada kategori positif sebesar 79,62%, Respon siswa terhadap LKPD yang diberikan bernilai sangat positif sebesar 87,5%, dan adanya peningkatan minat belajar siswa dari kategori cukup menjadi sangat tinggi sebesar 5,7% yaitu dari 70,82 menjaid 76,52.

Untuk mendukung hasil penelitian ini, peneliti membandingkannya dengan hasil penelitian sebelumnya yang relevan, yakni berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Rizky, Ines Tasya, Muhammad Aldri, Azzahra Nurul, dan Ayu Apriana (2023) dengan judul : Pengaruh Media Pembelajaran Classpoint Terhadap Minat Belajar Materi IPS Siswa MI Palembang didapati kesimpulan bahwa adanya pengaruh penggunaan media pembelajaran ClassPoint berkontribusi dalam meningkatkan minat belajar peserta didik sebesar 1,03 poin, namun peningkatan tersebut tidak signifikan, sebagaimana dibuktikan oleh hasil uji Independent t-test dengan nilai Sig. 0,569 > 0,05.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Penggunaan LKPD berbantuan classpoint terbukti efektif dalam meningkatkan minat belajar siswa di kelas VIII-2 SMP Negeri 17 Medan. Hal tersebut terlihat daru tercapainya 4 indikttor efektivitas yang telah dibahas sebelumnya. Yaitu, ketuntasan belajar klasikal > 85% Tingkat aktivitas belajar siswa tergolong pada kategori aktif, Angket respon siswa terhadap LKPD berbantuan classpoint mendapatkan respon positif, serta adanya peningkatan minat belajar siswa setelah penggunaan LKPD berbantuan classpoint. Minat belajar siswa meningkat sebesar 5,7%.

DAFTAR PUSTAKA

Dian Hadiyani, Dkk . 2021. Penerapan Media Presentasi Classpoint Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Bahasa Inggris Man 19 Jakarta. Jurnal Pemikira Dan Pengembangan Pembelajaran. Vol 3, No 3

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Farid, Ayyul, and I Komang Sudarma. 2022. "Meningkatkan Minat Dan Hasil Belajar Kelompok Melalui LKPD Berbasis Cooperative Learning Tipe Two Stay Two Stray" 10 (1): 126–34.

Handayani, Noor Fazariah, and Mahrita Mahrita. 2021. "Faktor Penyebab Kesulitan Belajar Matematika Pada Siswa Kelas IV Di SDN Jawa 2 Martapura Kabupaten Banjar." Jurnal PTK Dan Pendidikan 6 (2). https://doi.org/10.18592/ptk.v6i2.4045

Kholil, Mohammad, and Silvi Zulfiani. 2020. "Faktor-Faktor Kesulitan Belajar Matematika Siswa." *EDUCARE: Journal of Primary Education* 1 (2): 151–68.

Kurniawan, Nico Dwi, and Ika Yatri. 2022. "Kuis Interaktif Menggunakan Aplikasi Classpoint Pada Materi Indahnya Keragaman Di Negeriku Untuk Siswa Kelas IV Sekolah Dasar" 5: 86–95.

Muspitatul Khusnah, Ritha Tuken, Lukman. 2021. "Pengaruh Penggunaan Media Blok Pecahan Terhadap Minat Belajar Pada Siswa Sekolah Dasar Kelas Tiga Di" 1 (2): 124–31.

Nasir, Muhammad.2022. *Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Problem Based Learning Pada Materi Pecahan Di Kelas IV MI Al Azhar Kota Malang*.

Oktaviani, Utari, Siti Kumawati, Mila Nurul Apriliyani, Heny Nugroho, And Eka Susanti. 2020. "Identifikasi Faktor Penyebab Rendahnya Hasil Belajar Matematika Peserta Didik Di Smk Negeri 1 Tonjong Identification Of Factors That Cause Low Mathematics Learning Outcomes Of Students In Smk Negeri 1 Tonjong" 1 (1): 1–6.

Rumbarak, Tabita Adonia, Prodi Pgsd, Universitas Pendidikan, and Muhammadiyah Sorong. 2021. "Pengaruh Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Terhadap Hasil Belajar IPS Siswa Kelas IV SD YPK Getsemani Warwanai" 3 (2): 175–84.

Waty, Hilda Rafika. 2023. "Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif E-Learning Pendidikan Agama Islam Melalui Aplikasi Classpoint" 4 (1): 1–10. https://doi.org/10.32832/idarah.v4i1.4583.

Wulandari, Suci. 2020. "Media Pembelajaran Interaktif Untuk Meningkatkan Minat Siswa Belajar Matematika Di Smp 1 Bukit Sundi Interactive Learning Media To Increase Students ' Interest In Learning Mathematics At Smp 1 Bukit Sundi" 1 (2): 43–48. https://doi.org/10.24176/ijtis.v1i2.4891.

Yulia, Efi, and Suparman Arif. 2019. "Meningkatkan Minat Belajar Siswa Melalui Penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik," no. 01.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengembangan Media Interaktif Berbasis Android Berbantuan Articulate Storyline Untuk Meningkatkan Kemampuan Penalaran Matematis

Anisya Wahyuni Sucitra Pane[1*], & Glory Indira Diana Purba[2]
[1,2]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author:anisyawahyuni9@gmail.com*

Abstrak, Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media interaktif berbasis Android dengan model pembelajaran Problem Based Learning (PBL) guna meningkatkan kemampuan penalaran matematis siswa kelas XI pada materi transformasi geometri. Metode yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan model 4-D, yang mencakup tahap Definisi, Desain, Pengembangan, dan Diseminasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media yang dikembangkan memiliki tingkat validitas yang sangat tinggi, dengan nilai 94,2% untuk validitas media dan 93,75% untuk validitas materi. Selain itu, media ini terbukti praktis, sebagaimana ditunjukkan oleh hasil angket yang menunjukkan respon positif dari guru sebesar 86% dan dari siswa sebesar 83%. Dari segi efektivitas, sebanyak 88% siswa (26 dari 30 siswa) berhasil mencapai ketuntasan belajar setelah menggunakan media interaktif ini. Selain itu, berdasarkan uji N-gain, kemampuan penalaran matematis siswa mengalami peningkatan signifikan dengan skor 0,71, yang termasuk dalam kategori tinggi. Dengan demikian, media interaktif berbasis Android yang dikembangkan ini terbukti valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan kemampuan penalaran matematis siswa.
Kata kunci: *Articulate Storyline*; Kemampuan Penalaran Matematis; Matematika; Media Inteaktif; Model Pembelajaran PBL;

Abstract*, this study aims to develop an Android-based interactive media using the Problem-Based Learning (PBL) model to enhance the mathematical reasoning skills of 11th-grade students in the geometry transformation topic. The research method employed is Research and Development (R&D) using the 4-D model, which consists of Definition, Design, Development, and Dissemination stages. The findings indicate that the developed media has a very high level of validity, with a validity score of 94.2% for the media and 93.75% for the content. Additionally, the media has been proven to be practical, as reflected in the positive responses from teachers (86%) and students (83%). In terms of effectiveness, 88% of students (26 out of 30) achieved mastery learning after using this interactive media. Furthermore, based on the N-gain test, students' mathematical reasoning skills significantly improved, with a gain score of 0.71, classified as high. Thus, the Android-based interactive media developed in this study has been proven to be valid, practical, and effective in enhancing students' mathematical reasoning skills.*
Keywords: *Articulate Storyline; Interactive Media; Mathematical Reasoning Abilities; National Seminar Of The Mathematics Department; PBL Learning Model,*

Citation : Pane, A. W. S., & Purba, G. I. D. (2024). Pengembangan Media Interaktif Berbasis Android Berbantuan Articulate Storyline Untuk Meningkatkan Kemampuan Penalaran Matematis. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 486 – 493.

PENDAHULUAN

Salah satu aspek terpenting dari keberadaan manusia ialah pendidikan. Menentukan arah maupun tujuan yang ingin dicapai ialah kesulitan yang signifikan dalam pendidikan karena hal itu menuntun pertumbuhan manusia menuju cita-cita tertentu. Cita-cita maupun tujuan yang ingin dicapai harus didefinisikan dengan baik untuk menjamin bahwasanya semua pelaksanaan dan sasaran pendidikan memahami maupun menyadari proses kegiatan misalnya pendidikan.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Prosedurnya tidak akan jelas jika tidak demikian. Jadi, pendidikan ialah proses mengajar dan belajar untuk mendapatkan pengetahuan yang akan membantu dalam mencapai tujuan-tujuan ini.

Salah satu mata pelajaran yang dipelajari murid di Indonesia, pendidikan matematika, menerangkan tujuan pendidikan. Karena memungkinkan untuk mempelajari ilmu-ilmu lain, pendidikan matematika menjadi sangat penting (Suherman, 2003: 25). Mengingat pentingnya matematika, mempelajarinya seharusnya penting dan menyenangkan. Namun, hasil belajar matematika yang rendah bagi murid di semua tingkat pendidikan ialah masalah yang dihadapi bidang pendidikan matematika. Fakta bahwasanya banyak murid merasa matematika sulit untuk dikuasai dan sifatnya yang abstrak membuatnya tampak menakutkan ialah salah satu alasan mengapa murid mempunyai hasil belajar yang buruk dalam mata pelajaran tersebut. Pendapat Nurdalillah (2013), matematika ialah mata pelajaran yang paling menantang bagi murid dengan disabilitas belajar dan mereka yang tidak mempunyai disabilitas belajar di antara beberapa mata pelajaran yang diajarkan di sekolah.

Media pembelajaran dapat dipakai sebagai alat bantu bagi murid yang kesulitan menguasai mata pelajaran tertentu. Pendidik yang inovatif dibutuhkan untuk menciptakan materi pembelajaran yang menarik, produktif, dan menyenangkan. Media pembelajaran memakai *software* ini tidak kalah menarik dengan media interaktif lainnya (Purnama & Asto, 2014). Salah satu media pembelajaran bisa dipakai ialah *Articulate Storyline*. *Articulate* dipakai dalam mempresentasikan informasi dengan tujuan tertentu (sesuai tujuan pengguna). Kemampuan teknis dan artistik terkait dengan keterampilan presentasi, dan bila kedua kemampuan ini bekerja sama, presentasi yang menarik dapat tercipta.

Kemampuan bernalar ialah salah satu keterampilan matematika yang dibutuhkan dalam pembelajaran. Pendapat Permana & Utari (2007), murid perlu mempunyai kemampuan bernalar sebagai bakat dasar matematika karena kemampuan ini memungkinkan mereka untuk memecahkan masalah matematika baik di kelas maupun dalam kehidupan sehari-hari. Pemahaman ini mengarah pada kesimpulan bahwasanya jika seorang murid dapat bernalar, maka ia dapat menguasai matematika secara menyeluruh.

Karena sebagian besar murid kesulitan dengan matematika saat mereka hanya diberi soal dan rumus untuk dipelajari, mereka tidak menyukai kelas matematika. Akibatnya, prestasi murid menurun. Proses pembelajaran matematika akan berhasil jika mempunyai komponen yang memengaruhi, misalnya keterampilan penalaran matematika, karena ini diperlukan untuk memecahkan masalah matematika (Sumartini, 2015).

Daripada hanya mengandalkan buku teks, perlu dikembangkan bahan ajar bisa membantu guru dan murid dalam mempelajari matematika. Nantinya, murid akan lebih tertarik dan tidak bosan karena bahan ajar *audio-visual* juga memudahkan guru dalam menyampaikan materi. Bersumber uraian di atas, penulis tertarik untuk melaksanakan penelitian dengan tema pengembangan media interaktif berbasis android bebantuan *articulate storyline* untuk meningkatkan kemampuan penalaran matematis murid.

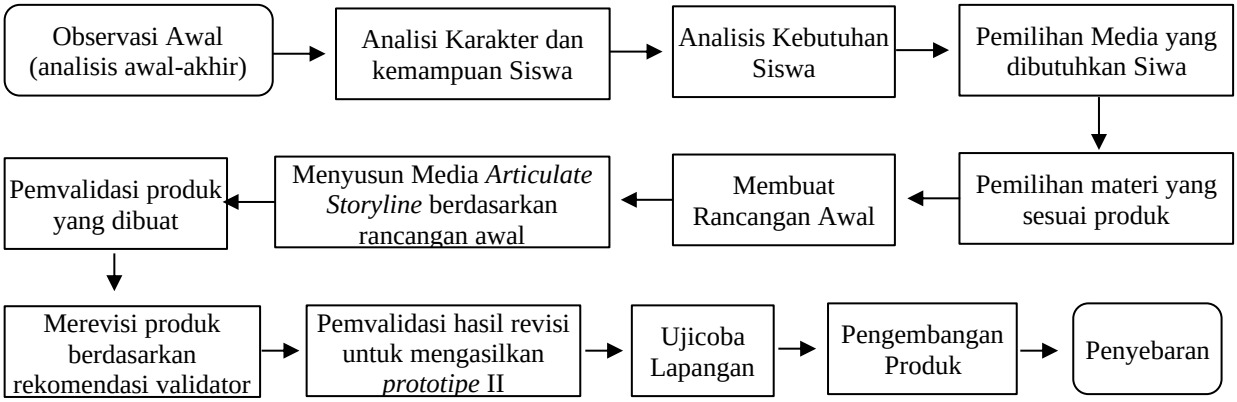
METODE PENELITIAN

Pendekatan penelitian dan pengembangan, yang juga dikenal sebagai penelitian dan pengembangan (R&D), dipakai pada penelitian. Dalam bidang pendidikan, penelitian dan pengembangan ialah metodologi penelitian yang dipakai untuk membuat dan mengevaluasi produk. Penelitian ini dipakai untuk menemukan informasi baru tentang fenomena dasar dan prosedur

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pendidikan selain untuk membuat dan menguji produk. Menciptakan produk yang berfungsi dengan baik di ruang kelas ialah tujuan utama penelitian dan pengembangan dalam mata pelajaran pendidikan, bukan membuat maupun menguji teori. Produk akhir akan menjadi media berbasis Android interaktif yang memakai Articulate Stroyline untuk membantu membangun keterampilan penalaran. Ini akan dievaluasi untuk kemanjuran, validitas, dan kepraktisan.

Peneliti memakai dua validator media dan materi sebagai subjek uji coba pembuatan media pembelajaran. Di antaranya ialah pakar media dan materi interaktif. Subjek penelitian ialah murid SMA Negeri 1 Tanjungbalai tahun ajaran 2022–2023. Bahkan pada semester XI, saat kurikulum otonomi diterapkan, guru masih memakai strategi pembelajaran tradisional tanpa media pembelajaran. Proses menciptakan produk baru maupun menyempurnakan produk lama bisa dipertanggungjawabkan disebut penelitian pengembangan. Model pengembangan perangkat pembelajaran yang dipakai pada penelitian disebut 4-D (Four D) yang dicetuskan oleh S. Thiagarajan, Dorothy S. Semmel, dan Melvyn I. Semmel. Model pengembangan 4- D terdiri atas 4 tahap utama yakni; (1) *Define (Pendefinisian)* bertujuan menetapkan dan mendefinisikan syarat syarat pembelajaran diawali dengan analisis tujuan dari batasan materi yang dikembangkan perangkatnya. Tahap ini meliputi 5 langkah pokok *analisis ujung depan, analisis peserta didik, a*nalisis tugas, analisis konsep, dan pengembangan tujuan pembelajaran; (2) perancangan (*design*) ialah membuat prototipe alat bantu pembelajaran, tahap ini terdiri dari, membuat tes acuan, memilih media yang relevan untuk menyampaikan materi pembelajaran, memilih format, dan perancangan awal; (3) pembuatan (develop) ialah membuat alat bantu pembelajaran sudah diperbarui bersumber masukan dari para ahli, validasi ahli terhadap alat bantu tersebut, diikuti dengan revisi. Simulasi, maupun proses operasionalisasi rencana pembelajaran; dan Uji coba terbatas dengan murid yang sebenarnya semuanya termasuk dalam langkah ini; dan (4) Disseminate bertujuan mengimplementasikan alat bantu sudah dikembangkan pada skala yang lebih besar, misalnya di ruang kelas tambahan, sekolah, dan lembaga pendidikan.



Gambar 1. Tahap Pengembangan Media Interatif *Articulate Storyline*

Prosedur pada penelitian ialah dengan memakai model pengembangan 4-D. Langkah-langkah pada penelitian ialah melaksanakan observasi awal di sekolah tempat penelitian dilaksanakan, menganalisis hasil belajar murid sebelumnya untuk melihat karakter, kemampuan dan keaktifan murid, menganalisis kekurangan yang dialami murid, memilih media yang tepat dalam pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan murid, mengambil bahan-bahan yang sesuai dengan produk yang akan dibuat, membuat desain mengenai produk awal yang akan dibuat dengan mengacu pada format penyusunan Media Interaktif Articulate Storyline, kemudian menyusun media

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

interaktif yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan penalaran matematis sehingga menghasilkan Prototype1 maupun produk yang belum tervalidasi oleh ahli, melaksanakan validasi ahli terhadap produk sudah dibuat, kemudian merevisi produk sudah divalidasi bersumber saran dan masukan dari validator ahli, kemudian melaksanakan validasi ulang bersumber masukan dan saran dari validator ahli, kemudian melaksanakan validasi ahli kembali sesudah merevisi produk untuk mengetahui tingkat validitas produk sehingga menghasilkan produk yang layak untuk diujicobakan, kemudian melaksanakan uji coba dengan memakai produk sudah dinyatakan valid, kemudian mengemas produk untuk dipakai pada tahap pendistribusian. Teknik analisis data persentase, yang dinyatakan yakni, dipakai untuk menghitung data kuantitatif dengan persamaan (1), dimana P = presentase skor para penilai, NA = Nilai Akhir, N = Skor Maksimal, Σx = Kuantitas skor jawaban dari para penilaian, dan n = banyak penilai. Kemudian Skala kelayakan terdiri dari empat kategori: Tidak Valid (0,00%–49,99%), Cukup Valid (50,00%–59,00%), Valid (60,00%–79,99%), dan Sangat Valid (80,00%–100%) (Arikunto, 2018).

$$\mathrm{P} = \frac{\sum \mathrm{x}}{\mathrm{N}} 100\%; \text{dan } \mathrm{NA} = \frac{\sum \mathrm{P}}{\mathrm{n}} \quad (1)$$

$$\mathrm{g} = \frac{\mathrm{s_{post}} - \mathrm{s_{pre}}}{\mathrm{s_{maks}} - \mathrm{s_{pre}}} \quad (2)$$

Data skor perolehan rata-rata yang dinormalisasi (N-gain) dihitung memakai persamaan (2), memastikan peningkatan keterampilan penalaran matematika murid. Kategori nilai gain terdiri dari Tinggi ($g \geq 0{,}70$), Sedang ($0{,}30 < g < 0{,}70$), dan Rendah ($g \leq 0{,}30$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan pengembangan Media Pembelajaran Interaktif untuk Android dengan Articulate Storyline ialah untuk menghasilkan produk yang memfasilitasi pembelajaran. Materi pembelajaran interaktif yang dibuat harus memenuhi persyaratan validitas, kegunaan, dan kemanjuran. Pendapat paradigma 4-D, pengembangan Media Pembelajaran Interaktif berbasis Android dengan Bantuan Articulate Storyline dilaksanakan secara bertahap. Melvin I. Semmel, Dorothy S. Semmel, dan S. Thagarajan menciptakan model pengembangan 4-D. Empat fase model pengembangan 4-D ialah Define, Design, Develop, dan Disseminate.

Tahap definisi ialah tahap awal pengembangan materi pembelajaran interaktif untuk Android yang didukung oleh Articulate Storyline. Spesifikasi dan batasan konten yang akan dibuat dalam Media Pembelajaran Interaktif ditetapkan pada tahap ini. Analisis awal-akhir, analisis murid, analisis materi, analisis konsep, dan perumusan tujuan ialah beberapa tindakan bisa dilaksanakan pada tahap ini. Untuk menentukan masalah yang dihadapi guru dan murid di sekolah tempat penelitian dilaksanakan, dilaksanakan analisis awal-akhir. Temuan analisis menunjukkan guru tetap menjadi pusat pembelajaran, dan materi pembelajaran yang dipakai dikategorikan cukup mendasar. Selain itu, analisis murid dilaksanakan untuk menilai keterampilan akademis dan tingkat aktivitas anak-anak. Temuan analisis menunjukkan tingkat kemahiran akademis murid bervariasi dan mereka masih belum berpartisipasi aktif dalam proses pembelajaran. Sesudah itu, dilaksanakan analisis materi, dan konten media pembelajaran difokuskan pada transformasi geometri. Kemudian dilaksanakan analisis konsep, dan ditemukan bahwasanya metodologi pembelajaran berbasis masalah dapat dipakai untuk menerapkan konsep materi Transformasi. Perumusan tujuan ialah tahap akhir dalam tahap pendefinisian. Fase ini penting untuk memastikan bahwasanya peneliti tetap fokus pada persyaratan dan konten yang ditetapkan dan bahwasanya pembuatan media pembelajaran berjalan sesuai rencana.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Tahap kedua ialah tahap perancangan, yang bertujuan untuk merancang produk Media Pembelajaran yang akan dikembangkan menjadi prototype I. Proses perancangan ini melibatkan beberapa langkah penting. Pertama, penyusunan tes dilaksanakan untuk membuat tes yang akan diberikan kepada peserta didik sesudah Media Pembelajaran disebarkan, yang terdiri dari 10 butir soal. Kemudian dalam penentuan media, Dengan memakai Articulate Storyline, kita akan mengidentifikasi jenis media yang paling sesuai dengan kebutuhan murid, yakni Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Android. Format yang akan dipakai dalam pembuatan media pembelajaran akan ditentukan pada tahap berikutnya, yakni pemilihan format. Format ini mencakup kompetensi dasar, materi, video pembelajaran, kuis, dan petunjuk pemakaian media. Pada langkah terakhir, kita akan melaksanakan rancangan awal produk, yang mencakup desain awal mengenai produk yang akan dikembangkan.

Tahap pengembangan ialah tahap ketiga. Selama tahap ini, kami membuat media pembelajaran interaktif untuk Android yang berfokus pada topik transformasi geometri dan didukung oleh Articulate Storyline. Konsep pertama menjadi dasar proses pengembangan, yang menghasilkan produk pertama, yang kami sebut Prototipe I. Kami juga menyiapkan perangkat penelitian yang akan dipakai dalam investigasi selama fase ini. Dua validator berpengetahuan yang ialah dosen di Departemen Pendidikan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, sudah menyetujui konsep asli peneliti, maupun prototipe I. Prototipe II ialah hasil perubahan Prototipe I bersumber umpan balik validator. Selain itu, Prototipe II, sudah diperbarui dan disetujui oleh validator, memenuhi syarat untuk uji lapangan terbatas. Sesudah proses revisi, desainnya terlihat misalnya ini:

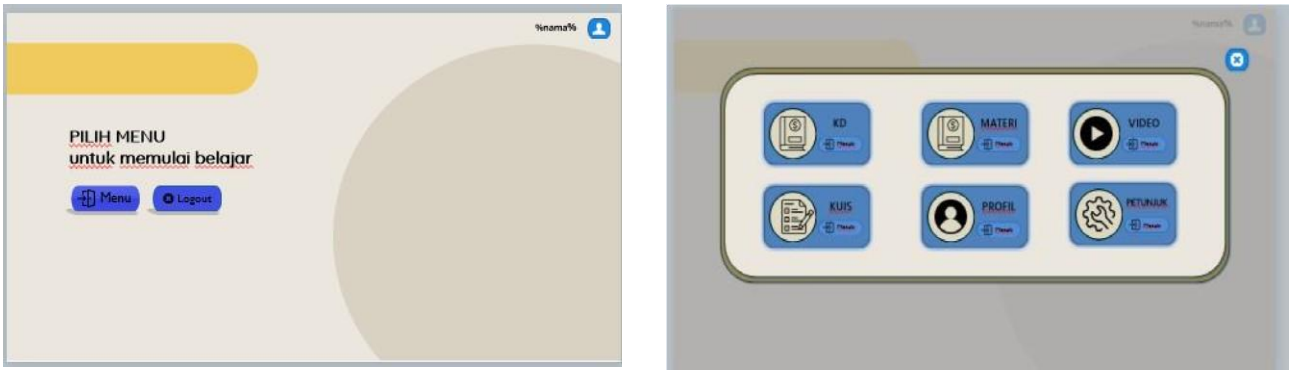


Gambar 2. Tampilan Cover Bagian Depan dan Halaman Login

Gambar 2 menunjukkan tampilan cover depan ditemukan tombol “login”. Pada halaman login terdiri dari musik, tempat untuk mengisi nama pengguna dan kelas, dan tombol navigasi “*login*” untuk masuk ke menu utama. Tombol navigasi “*login*” berperan apabila pengguna menekan tombol tersebut. Kemudian pada halaman menu utama ditemukan nama pengguna di kanan atas yang sebelumnya diisi di halaman *login*, tombol menu dan tombol *logout.* Jika tombol menu di klik maka akan ditampilkan halaman menu. Sementara di halaman menu terdiri dari kompetensi dasar, materi transformasi geometri, video pembelajaran, kuis, profil pembuat media, dan petunjuk pemakaian media, untuk lebih detail dapat dilihat pada gambar 3.

Validasi media dilaksanakan untuk memastikan keakuratan media sudah dikembangkan. Proses ini melibatkan para ahli media mengumpulkan saran serta tanggapan guna melaksanakan revisi yang diperlukan. Hasil dari validasi yang dilaksanakan oleh kedua validator bias terlihat di Tabel 1.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan



Gambar 3. Tampilan Menu Utama

Tabel 1. Hasil Validasi Aspek Media

No	Variabel	Rata - Rata	Keterangan
1	Aspek Desain Tampilan	96,85	Sangat Valid
2	Aspek Audio	87,45	Sangat Valid
3	Aspek Video	87,5	Sangat Valid
4	Aspek Animasi	93,75	Sangat Valid
5	Aspek Kemudahan Pengguna Media	91,65	Sangat Valid
Skor rata – rata keseluruhan aspek		**94,2**	**Sangat Valid**

Tahap penyebaran ialah tahap keempat. Kelas XI IPA 2 SMA Negeri 1 Tanjungbalai dipakai pada tahap ini untuk melaksanakan proses belajar mengajar di kelas sesuai dengan rancangan sudah disusun. Pada tahap ini dilaksanakan pengumpulan data dari tanggapan instruktur dan murid, serta dilaksanakan pengukuran kemampuan penalaran. Jenis penyebaran terbatas meliputi jenis penyebaran yang dilaksanakan.

Pada saat uji coba lapangan, ditemukan beberapa kendala misalnya beberapa kendala pada saat penyebaran media interaktif pada proses pembelajaran di kelas. Kendala tersebut yakni: (1) ditemukan beberapa *smartphone* murid susah mengoprasikan media; (2) proyektor tidak dapat terhubung ke laptop pada saat ingin menerangkan tata cara pemakaian media; dan (3) murid yang kesulitan mengoperasikan media interaktif karena tidak terbiasa memakai media digital. Peneliti mencoba untuk mengatasi kendala tersebut dengan menerangkan pemakaian media interaktif dengan memanggil perwakilan kelompok agar bisa menerangkan kepada teman sekelompoknya, kemudian menerangkan cara pengumpulan jawaban kuis yang disediakan didalam media. Sesudah semua kendala teratasi, penilitan berjalan dengan baik sehingga menerima hasil yang diharapkan.

Peningkatan kemampuan penalaran matematis murid sesudah mempelajari materi transformasi memakai media interaktif yang dikembangkan dilihat Bersumber hasil pra-tes dan pasca-tes. Secara keseluruhan, nilai gain dan rata-rata peningkatan pada setiap indikasi menunjukkan kemampuan murid sudah meningkat. Pertumbuhan keterampilan matematika murid sesudah pemakaian media interaktif yang dibuat dalam bentuk N-gain selama uji coba lapangan ditampilkan dalam tabel 2. Nilai rata-rata N-gain murid kelas XI IPA 2 ialah 0,71, misalnya yang ditunjukkan di tabel di atas. Hal ini menunjukkan kemampuan penalaran murid meningkat sesudah mempelajari materi Transformasi Geometri melalui Media Pembelajaran Interaktif berbantuan Articulate Storyline.

Tabel 2. Peningkatan Kemampuan Penalaran Matematis dalam Bentuk N-Gain

Besarnya N- Gain	**Kategori**	**Banyak Murid**	**Persentase**	**Rata – rata**
$g \geq 0{,}70$	Tinggi	20	59%	
$0{,}30 < g < 0{,}70$	Sedang	14	41%	0,71
$g \leq 0{,}30$	Rendah	0	0	

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Parameter yang ditetapkan pada gambar di atas dapat dipakai untuk mengkategorikan skor N-gain hasil belajar murid. Bersumber gambar di atas, 16 murid mendapatkan skor N-gain 47% dalam kelompok tinggi, sementara 18 murid mendapatkan skor 53% dalam kategori sedang.

Bersumber persentase ketuntasan belajar, Dapat dikatakan bahwasanya materi pembelajaran interaktif untuk Android yang dibuat dengan bantuan Articulate Storyline memberikan manfaat bagi pengalaman belajar murid. Hasil yang menunjukkan angka ketuntasan belajar di atas 80% mengindikasikan bahwasanya media ini tergolong efektif. Sesuai dengan teori pendidikan, murid dianggap berhasil apabila mereka mencapai Nilai yang memenuhi maupun melampaui KKM (Kategori Kelulusan Minimal). Lebih lanjut, pendapat metode konvesional, pembelajaran dianggap berhasil jika minimal 80% murid memenuhi nilai ketuntasan. Keberhasilan ini dinilai dengan menghitung kuantitas murid yang tuntas, dengan 80% dari seluruh kelas sebagai kategori minimal. Sehingga, hasil pemakaian media ini memenuhi kategori pencapaian yang diharapkan.

Hasil penelitian yang saya lakukan sejalan dengan studi dijalankan oleh Deni Sapitri dan Alwen Bentri (2020) berjudul "Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Aplikasi Articulate Storyline Pada Mata Pelajaran Ekonomi Kelas X. "Dalam penelitian tersebut, ditemukan bahwasanya *mean* hasil uji validitas aspek materi pada media yang dikembangkan mencapai 4,4, yang tergolong valid. Selain itu, rata-rata nilai aspek media ialah 4,57 dari validator I dan 4,71 dari validator II, keduanya juga dalam kategori valid. Kesimpulan yang mereka dapatkan menunjukkan media pembelajaran berbasis aplikasi Articulate Storyline untuk pelajaran ekonomi kelas X SMA terbukti efektif dalam proses pembelajaran.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa media pembelajaran interaktif berbasis Android dengan narasi menarik, dikembangkan menggunakan Articulate Storyline, sangat valid dan efektif untuk meningkatkan penalaran matematis siswa kelas XI. Validitas materi mencapai 94%, dengan penilaian ahli materi sebesar 93,75%, serta validitas dari segi kesesuaian materi (92,2%) dan bahasa (95%). Ahli media memberikan rata-rata validitas 94,2%, dengan aspek audio (96%), video (93%), animasi (93,7%), dan kemudahan penggunaan (91%), semuanya masuk kategori sangat valid. Media ini juga terbukti efektif, dengan 88% tingkat ketuntasan belajar, di mana 30 dari 34 siswa berhasil mencapai ketuntasan. Nilai N-gain sebesar 0,71 menunjukkan peningkatan signifikan dalam penalaran matematis. Oleh karena itu, penggunaan media interaktif dalam pembelajaran, terutama di kelas matematika, sangat penting untuk meningkatkan minat, rasa ingin tahu, dan keterampilan berpikir siswa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada semua orang sudah membantu menyelesaikan semua tugas terkait penelitiannya.

DAFTAR PUSTAKA

Arikunto, S. (2018). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik.* Jakarta: Rineka Cipta

Nurdalillah., dkk. (2013). Perbedaan Penalaran Matematika Dan Pemecahan Masalah Pada Pembelajaran Masalah Dan Pembelajaran Konvensional di SMA Negeri 1 Kualuh Selatan. *Jurnal Pendidikan Matematika PARADIKMA* Vol.6 No.2.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Purnama, S & Asto B, I. G. P. (2014). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Memakai Software Articulate Storyline Pada Mata Pelajaran Teknik Elektronika Dasar Kelas X TEI 1 Di SMK Negeri 2 Probolinggo. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 3(2), 275–279.

Permana, Y & Utari, S. (2007). Mengembangkan kemampuan penalaran dan koneksi matematik murid sma melalui pembelajaran berbasis masalah.*Jurnal Educationist*, Vol. 1, No. 2, hal. 116-123.

Rianto. (2020). Pembelajaran Interaktif Berbasis Articulate Storyline 3, *Indonesian Language Education and Literature*, 6(1):84 – 92.

Rosita, C. (2014). Kemampuan Penalaran dan Komunikasi Magtematis: Apa, Mengapa, dan Bagaimana Ditingkatkan Pada Mahasiswa. Jurnal Euclid (Online). Vol. 1, No. 1, hal. 33-
46.(http://jurnal.unswagati.ac.id/index.php/Euclid, diakses pada 18 Agustus2018)

Suherman, E. (2003). *Strategi Pembelajaran Matematika Kontemporer*. Bandung: JICA. UPI.

Sumartini, T. S. (2015). Peningkatan kemampuan penalaran matematis murid melalui pembelajaran berbasis masalah. Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika, 5(1), 1-10.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Sistem Pendukung Keputusan Pemilhan Laptop Terbaik dengan Pendekatan Gabungan AHP dan TOPSIS (Studi Kasus: FMIPA UNIMED)

Juliana Tampubolon
Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
Coresponding Author: julianatampubolon9@gmail.com

Abstrak, beragamnya pilihan laptop di pasaran menyebabkan mahasiswa FMIPA UNIMED mengalami kesulitan dalam memilih laptop yang sesuai dengan kebutuhan akademis mereka. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pendukung keputusan pemilihan laptop dengan mengintegrasikan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). Pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran kuesioner dan observasi terhadap spesifikasi laptop yang tersedia di pasaran. AHP digunakan untuk pembobotan kriteria, sedangkan TOPSIS diimplementasikan untuk perangkingan alternatif laptop. Hasil analisis menggunakan AHP menunjukkan konsistensi pembobotan kriteria dengan nilai Consistency Ratio (CR) sebesar 0.04. Implementasi TOPSIS menghasilkan peringkat alternatif laptop dengan nilai preferensi tertinggi diperoleh Lenovo (0.624), diikuti Acer (0.562), HP (0.416), dan ASUS (0.413). Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi metode AHP-TOPSIS efektif dalam menghasilkan sistem pendukung keputusan yang membantu mahasiswa FMIPA UNIMED memilih laptop sesuai kebutuhan mereka.
Kata kunci: Sistem Pendukung Keputusan; AHP-TOPSIS; Pemilihan Laptop; Preferensi Mahasiswa; Multi-Kriteria

Abstract, *the wide variety of laptop options available in the market poses challenges for FMIPA UNIMED students in selecting laptops that meet their academic needs. This research aims to develop a decision support system for laptop selection by integrating the Analytical Hierarchy Process (AHP) and the Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). Data collection was conducted through questionnaires and observations of the specifications of laptops available in the market. AHP was utilized for weighting the criteria, while TOPSIS was implemented to rank the laptop alternatives. The AHP analysis results indicated consistency in criteria weighting, with a Consistency Ratio (CR) of 0.04. The TOPSIS implementation produced a ranking of laptop alternatives, with Lenovo achieving the highest preference score (0.624), followed by Acer (0.562), HP (0.416), and ASUS (0.413). This research demonstrates that the integration of AHP and TOPSIS methods effectively produces a decision support system that assists FMIPA UNIMED students in selecting laptops that meet their needs.*
Keywords*: Decision Support System; AHP-TOPSIS; Laptop Selection; Student Preferences; Multi-Criteria*

Citation : Tampubolon, J. (2024). Sistem Pendukung Keputusan Pemilhan Laptop Terbaik dengan Pendekatan Gabungan AHP dan TOPSIS (Studi Kasus: FMIPA UNIMED). *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 494 – 504.

PENDAHULUAN

Penggunaan teknologi informasi, khususnya perangkat keras seperti laptop, telah menjadi bagian integral dalam kehidupan sehari-hari. Mahasiswa, sebagai pengguna utama, perlu membuat keputusan bijak dalam memilih laptop yang sesuai dengan kebutuhan akademis dan aktivitas sehari-hari mereka (Alimuddin et al., 2023). Dalam menghadapi berbagai tuntutan, mulai dari kuliah online, penelitian, hingga hiburan digital, pemilihan laptop menjadi keputusan strategis yang memerlukan pertimbangan matang.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa keputusan dalam memilih laptop melibatkan banyak faktor, seperti spesifikasi teknis, harga, merek, dan kebutuhan spesifik pengguna (Karim et al., 2023). Tantangan ini semakin diperumit oleh keberagaman opsi laptop di pasaran yang menawarkan fitur-fitur inovatif dan variasi harga yang luas. Seiring dengan perkembangan teknologi informasi, kebutuhan akan perangkat keras yang dapat mendukung kegiatan akademis juga semakin meningkat. Data penjualan laptop menunjukkan bahwa inovasi dari para produsen, seperti desain yang lebih ringan, layar yang lebih besar, dan daya tahan baterai yang lebih lama, menambah kompleksitas dalam pilihan laptop.

Penyebab utama permasalahan dalam pemilihan laptop terletak pada kurangnya pedoman atau kriteria yang jelas serta minimnya pengetahuan tentang spesifikasi teknis yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan pengguna (Haris et al., 2023). Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan pengembangan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) yang menggabungkan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). Kombinasi kedua metode ini diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih akurat dan relevan dalam membantu mahasiswa memilih laptop yang sesuai dengan kebutuhan mereka (Bayhaqqi et al., 2021).

Permasalahan pokok yang hendak dipecahkan melalui penelitian ini adalah sejauh mana integrasi metode AHP dan TOPSIS mampu meningkatkan ketepatan dan relevansi keputusan dalam proses pemilihan laptop oleh mahasiswa FMIPA UNIMED. Penelitian ini mengembangkan SPK yang diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang sesuai dengan preferensi dan kebutuhan pengguna. Dalam hal ini, penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah yang ada di antara preferensi dan penawaran laptop saat ini, sehingga dapat memberikan pandangan yang lebih holistik terhadap kebutuhan mahasiswa FMIPA UNIMED.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengelompokan kriteria kepentingan dalam pemilihan laptop terbaik menggunakan metode AHP, menentukan nilai preferensi relatif dengan menerapkan metode TOPSIS, serta mengembangkan sistem pendukung keputusan yang mengintegrasikan hasil dari AHP dan TOPSIS guna membantu mahasiswa FMIPA UNIMED dalam memilih laptop terbaik. Penelitian ini juga bertujuan untuk menunjukkan efektivitas penggabungan kedua metode tersebut dalam menentukan alternatif laptop yang optimal.

Dengan mengintegrasikan metode AHP dan TOPSIS dalam pengembangan SPK, penelitian ini berupaya memberikan solusi holistik dan optimal dalam pemilihan laptop, yang diharapkan dapat mengatasi kompleksitas dari berbagai faktor seperti spesifikasi teknis, harga, merek, dan kebutuhan spesifik pengguna. Seiring dengan berkembangnya teknologi dan meningkatnya kebutuhan pengguna, pemilihan laptop bukan hanya soal memilih perangkat keras yang memiliki spesifikasi terbaik, tetapi juga harus disesuaikan dengan kebutuhan individu dan anggaran yang tersedia. Banyak mahasiswa yang mengalami kesulitan dalam menentukan pilihan yang tepat karena keterbatasan informasi dan pengetahuan mengenai spesifikasi teknis yang sesuai untuk mendukung aktivitas akademis dan hiburan mereka (Suryadi et al., 2022). Oleh karena itu, pendekatan sistematis dalam pemilihan laptop yang menggunakan metode berbasis data dan analisis menjadi sangat penting.

Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dikenal efektif dalam menguraikan masalah kompleks menjadi struktur yang lebih sederhana dan terukur. Dengan AHP, berbagai kriteria dapat diidentifikasi dan diberi bobot berdasarkan tingkat kepentingannya relatif terhadap tujuan utama,

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

yaitu memilih laptop terbaik (Saaty, 2008). Misalnya, dalam konteks mahasiswa, kriteria seperti daya tahan baterai, kecepatan prosesor, kapasitas penyimpanan, dan harga dapat diprioritaskan sesuai dengan kebutuhan mereka. Setelah kriteria ini ditentukan dan diberi bobot, metode Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) dapat digunakan untuk mengevaluasi dan memeringkat alternatif laptop yang ada berdasarkan seberapa dekat mereka dengan solusi ideal (Hwang & Yoon, 1981).

Penggunaan AHP dan TOPSIS secara bersamaan dalam Sistem Pendukung Keputusan (SPK) memberikan pendekatan yang komprehensif dan transparan dalam proses pengambilan keputusan. Integrasi kedua metode ini memungkinkan sistem untuk tidak hanya menilai kriteria secara kuantitatif tetapi juga memberikan peringkat yang jelas dan mudah dipahami oleh pengguna. Dengan adanya SPK ini, mahasiswa FMIPA UNIMED dapat memperoleh rekomendasi laptop yang lebih akurat dan sesuai dengan kebutuhan mereka, sehingga dapat mengoptimalkan produktivitas dan efisiensi dalam kegiatan akademis mereka. Penelitian ini juga berpotensi untuk diaplikasikan lebih luas dalam konteks pemilihan perangkat keras lainnya, memberikan manfaat bagi berbagai pengguna di berbagai bidang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan menyebarkan kuesioner kepada responden yang merupakan mahasiswa-mahasiswi FMIPA UNIMED. Tempat pengumpulan data mencakup mahasiswa FMIPA UNIMED. Waktu penelitian dijadwalkan dimulai pada bulan Juni-Agustus tahun 2024 hingga selesai, mencakup periode yang memadai untuk mengumpulkan data yang representatif dan melibatkan sebanyak mungkin responden. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, yang berfokus pada pengumpulan dan analisis data yang dapat diukur secara statistik. Pendekatan ini dipilih untuk secara objektif mengukur dampak dan keefektifan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) yang dikembangkan dalam pemilihan laptop terbaik bagi mahasiswa FMIPA UNIMED.

Analisis data melibatkan statistik deskriptif, uji perbedaan, dan analisis TOPSIS yang memberikan wawasan mendalam tentang perubahan yang terjadi dan kualitas keputusan yang dihasilkan oleh SPK. Validitas dan reliabilitas instrumen penelitian dijaga untuk memastikan bahwa data yang diperoleh memiliki ketepatan dan konsistensi yang tinggi. Populasi dari penelitian ini adalah seluruh mahasiswa/i S1 FMIPA UNIMED 2020 yang masih aktif pada tahun ajaran 2024 sebagai pengguna laptop. Berdasarkan data yang diperoleh, populasi seluruh mahasiswa/i S1 FMIPA UNIMED angkatan 2020 yang masih aktif adalah sebanyak 1330 orang.

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak 308 mahasiswa/i, yang ditentukan secara proporsional berdasarkan jumlah mahasiswa/i di setiap program studi (prodi) di FMIPA UNIMED angkatan 2020. Langkah ini bertujuan agar sampel yang diambil dapat mewakili karakteristik populasi secara lebih akurat, sehingga hasil penelitian dapat digeneralisasikan dengan lebih baik. Proses pengambilan sampel ini memastikan bahwa setiap prodi mendapatkan representasi yang seimbang sesuai dengan proporsi jumlah mahasiswa/i-nya. Data dikumpulkan melalui kuesioner yang disebarkan kepada sampel yang telah ditentukan. Kuesioner terdiri dari pertanyaan-pertanyaan terkait kriteria pemilihan laptop, seperti jenis prosesor, kapasitas RAM, kapasitas penyimpanan, daya tahan baterai, ketahanan panas, harga, ukuran layar, dan merek,

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

menggunakan skala Likert untuk mengukur tingkat kepentingan setiap kriteria dari sudut pandang responden.

Variabel penelitian adalah karakteristik, atribut, atau faktor yang diamati, diukur, dan dianalisis dalam suatu penelitian. Variabel-variabel ini membentuk dasar untuk mengumpulkan data dan mengidentifikasi hubungan atau perbedaan antara elemen-elemen yang diamati. Dalam penelitian ini, variabel penelitian dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu variabel independen dan variabel dependen. Variabel independen: Kriteria laptop, termasuk jenis prosesor, RAM, penyimpanan, daya baterai, daya panas, harga, ukuran layar, dan preferensi merek, yang relevan dalam menentukan performa dan kepuasan pengguna. Kriteria-kriteria ini dipilih berdasarkan relevansinya dalam menentukan performa dan kepuasan pengguna terhadap laptop. Variabel dependen: Alternatif laptop, yaitu Acer, ASUS, HP, dan Lenovo, yang dievaluasi berdasarkan kriteria tersebut. Setiap merek memiliki keunggulan unik, seperti daya tahan Lenovo atau inovasi teknologi ASUS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan kriteria merupakan langkah awal yang krusial dalam proses AHP. Kriteria yang dipilih harus relevan dan representatif untuk pemilihan laptop terbaik yang sesuai dengan kebutuhan mahasiswa FMIPA UNIMED. Untuk mengidentifikasi kriteria ini, dilakukan beberapa tahap pengumpulan data. Kriteria perangkat meliputi Jenis Prosesor (J), RAM (R), Kapasitas Penyimpanan (S), Daya Tahan Baterai (B), Daya Tahan Panas (P), Harga (H), Ukuran Layar (U), dan Merek (M).

Setelah kriteria ditentukan, langkah selanjutnya dalam metode AHP adalah menyusun struktur hirarki. Struktur ini mengorganisir kriteria yang telah diidentifikasi ke dalam bentuk yang terstruktur dan sistematis, sehingga memudahkan proses penilaian dan pengambilan keputusan. Struktur hirarki dalam AHP terdiri dari tiga level utama yaitu, tujuan, kriteria dan alternatif. Pada level pertama, tujuan utama yang ingin dicapai adalah "Pemilihan Laptop Terbaik." Tujuan ini merupakan inti dari proses pengambilan keputusan yang bertujuan untuk membantu pengguna dalam memilih laptop yang paling sesuai dengan kebutuhan dan preferensinya.

Pada level kedua, terdapat enam kriteria yang telah diidentifikasi sebagai faktor penentu, yaitu memori, harga, daya tahan baterai, daya tahan panas, ukuran layar, kapasitas penyimpanan. Setiap kriteria dipilih berdasarkan relevansinya terhadap kinerja dan keandalan laptop, serta pengaruhnya terhadap pengalaman pengguna. Kriteria ini akan menjadi dasar untuk menilai dan membandingkan berbagai alternatif yang tersedia. Level ketiga berisi empat alternatif laptop yang dipertimbangkan dalam penelitian ini, yaitu Acer, ASUS, HP, dan Lenovo. Alternatif-alternatif ini dipilih karena merupakan merek-merek yang populer dan banyak digunakan di pasaran, serta memiliki variasi dalam spesifikasi dan harga. Melalui proses pembobotan dan perbandingan berpasangan, alternatif-alternatif ini akan dievaluasi berdasarkan kriteria-kriteria yang telah ditentukan, untuk menentukan laptop mana yang paling memenuhi tujuan pemilihan laptop terbaik.

Perhitungan Geometric menggunakan persamaan $GM = \sqrt[n]{x_1 \times x_2 \times \ldots \times x_n}$, diperoleh Geometric Mean untuk setiap kriteria dalam matriks perbandingan berpasangan. Hasil perhitungan Geometric Mean ini akan digunakan untuk menentukan bobot relatif dari masing-masing kriteria, yang selanjutnya akan menjadi input penting dalam tahap-tahap berikutnya dalam metode AHP.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Tabel 1. Geometric Mean

Kriteria	Geometric Mean
Jenis prosesor - RAM	1,040653
Jenis prosesor - Kapasitas penyimpanan	1,413255
Jenis prosesor - Daya tahan baterai	1,317206
Jenis prosesor - Daya tahan panas	0,99151
Jenis prosesor - Harga	1,429789
Jenis prosesor - Ukuran layar	0,942224
Jenis prosesor - Merek	1,064282
RAM – Kapasitas Penyimpanan	1,129
RAM - Daya Tahan Baterai	1,008834
RAM - Daya Tahan Panas	1,445547
RAM - Harga	1,312071
RAM - Ukuran Layar	0,609973
RAM – Merek	1,233341
Kapasitas penyimpanan - Daya Tahan Baterai	1,109923
Kapasitas penyimpanan - Daya Tahan Panas	1,175598
Kapasitas penyimpanan - Harga	1,168653
Kapasitas penyimpanan - Ukuran Layar	0,750572
Kapasitas penyimpanan - Merek	1,521589
Daya Tahan Baterai - Daya Tahan Panas	1,172792
Daya Tahan Baterai - Harga	1,403
Daya Tahan Baterai - Ukuran Layar	0,941836
Daya Tahan Baterai - Merek	1,232433
Daya Tahan Panas - Harga	1,517318
Daya Tahan Panas - Ukuran Layar	1,008477
Daya Tahan Panas - Merek	1,160598
Harga – Ukuran Layar	1,627069
Harga - Merek	0,855699
Ukuran Layar - Merek	1,120752

Dalam metode AHP, penentuan bobot setiap kriteria dan sub-kriteria dilakukan melalui proses perbandingan berpasangan. Matriks perbandingan berpasangan ini memungkinkan kita untuk menilai seberapa penting suatu kriteria dibandingkan dengan kriteria lainnya secara relatif. Pada penelitian kita memiliki enam kriteria, yaitu memori (M), harga (H), daya tahan baterai (B), daya tahan panas (P), ukuran layar (U), dan kapasitas penyimpanan (S). Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria-kriteria ini akan berbentuk matriks simetris (n x n), di mana n adalah jumlah kriteria berdasarkan Tabel 1. Setiap elemen a_ij dari matriks tersebut mewakili perbandingan antara kriteria i dan kriteria j, maka diperoleh matriks perbandingan pada Tabel 2.

Tabel 2. Matriks Perbandingan Berpasangan

Kriteria	J	R	S	B	P	H	U	M
J	**1**	1.041	1.413	1.317	0.992	1.430	0.942	1.064
R	0.961	**1**	1.129	1.009	1.446	1.312	0.610	1.233
S	0.708	0.885	**1**	1.110	1.176	1.169	0.751	1.522
B	0.759	0.991	0.900	**1**	1.173	1.403	0.942	1.232
P	1.008	0.690	0.851	0.852	**1**	1.517	1.008	1.161
H	0.699	0.761	0.855	0.712	0.659	**1**	1.627	0.856
U	1.062	1.639	1.331	1.063	0.992	0.614	**1**	1.121
M	0.940	0.810	0.657	0.812	0.861	1.167	0.893	**1**
Jumlah	6.136	7.817	8.136	7.874	8.299	9.612	7.773	9.189

Setelah proses penjumlahan selesai, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2 di mana nilai jumlah total untuk masing-masing kriteria telah dihitung dan ditampilkan. Nilai-nilai ini kemudian digunakan dalam proses normalisasi, di mana setiap elemen dalam kolom dibagi dengan jumlah total dari kolom tersebut untuk menghasilkan matriks normalisasi. Adapun pengerjaan pada normalisasi ini adalah dengan masing-masing elemen dibagikan jumlah matriks perbandingan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

seperti yang ada pada tabel 2 sebagai contoh, pada kolom pertama dan kedua diperoleh $r_{JJ} = \frac{1}{6.136}$, dan $r_{JR} = \frac{0.961}{6.136}$.

Tabel 3. Normalisasi AHP

Kriteria	J	R	S	B	P	H	U	M
J	0.163	0.133	0.173	0.167	0.119	0.149	0.121	0.116
R	0.157	0.128	0.139	0.128	0.174	0.136	0.078	0.134
S	0.115	0.113	0.123	0.141	0.142	0.122	0.096	0.165
B	0.123	0.127	0.111	0.127	0.141	0.146	0.121	0.134
P	0.164	0.088	0.104	0.108	0.121	0.158	0.130	0.126
H	0.114	0.097	0.105	0.090	0.079	0.104	0.209	0.093
U	0.173	0.210	0.164	0.135	0.119	0.064	0.129	0.122
M	0.153	0.104	0.657	0.103	0.104	0.122	0.115	0.109

Adapun perhitungan bobot kriteria prioritas diperoleh bobot kriteria masing-masing, yaitu; (1) Bobot kriteria prioritas prosesor sebesar 0,1425; (2) Bobot kriteria prioritas RAM sebesar 0,15. Proses ini diulang untuk setiap kolom yang ada di dalam matriks, sehingga kita dapat memperoleh jumlah keseluruhan dari setiap kriteria yaitu bobot prioritas seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Bobot Prioritas

Kriteria	J	R	S	B	P	H	U	M	Bobot Prioritas
J	0.163	0.133	0.173	0.167	0.119	0.149	0.121	0.116	0.1425
R	0.157	0.128	0.139	0.128	0.174	0.136	0.078	0.134	0.1342
S	0.115	0.113	0.123	0.141	0.142	0.122	0.096	0.165	0.12712
B	0.123	0.127	0.111	0.127	0.141	0.146	0.121	0.134	0.1287
P	0.164	0.088	0.104	0.108	0.121	0.158	0.130	0.126	0.1248
H	0.114	0.097	0.105	0.090	0.079	0.104	0.209	0.093	0.1113
U	0.173	0.210	0.164	0.135	0.119	0.064	0.129	0.122	0.1395
M	0.153	0.104	0.657	0.103	0.104	0.122	0.115	0.109	0.1833

Kemudian uji konsistensi dilakukan untuk memastikan bahwa penilaian yang diberikan dalam matriks perbandingan berpasangan konsisten. Konsistensi ini penting karena memastikan bahwa perbandingan antar-kriteria dilakukan secara logis dan dapat diandalkan. Rasio konsistensi dihitung untuk mengevaluasi sejauh mana matriks perbandingan berpasangan konsisten. Jika nilai CR lebih kecil atau sama dengan 0,10, maka penilaian dianggap konsisten dan dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.

Berdasarkan hasil uji konsistensi, matriks perbandingan berpasangan yang telah dibobot disajikan dalam Tabel 5 yang diperoleh dari nilai matriks perbandingan berpasangan seperti Tabel 2 dikalikan dengan bobot prioritas seperti pada Tabel 4 $R_{JJ} = 1\,x\,0.1425 = 0.1425$, dan $R_{RJ} = 0.961\,x\,0.1425 = 0.1371$. Proses ini diulang untuk setiap kolom yang ada di dalam matriks, sehingga kita dapat memperoleh matriks perbandingan yang dibobot dari jumlah keseluruhan dari setiap kriteria seperti pada tabel 5.

Tabel 5. Matriks Perbandingan yang dibobot

Kriteria	J	R	S	B	P	H	U	M
J	0.1425	0.1399	0.1799	0.1695	0.1241	0.1591	0.1315	0.1948
R	0.1371	0.1342	0.1439	0.1296	0.1806	0.1461	0.0853	0.2261
S	0.1008	0.1187	0.1271	0.1427	0.1473	0.1303	0.1049	0.2797
B	0.1082	0.1331	0.1144	0.1287	0.1468	0.1559	0.1315	0.2264
P	0.1436	0.0928	0.1083	0.1093	0.1248	0.1691	0.1407	0.2133
H	0.0993	0.1021	0.1087	0.0918	0.0821	0.1113	0.2273	0.1568
U	0.1514	0.2203	0.1695	0.1371	0.1241	0.0684	0.1395	0.2055
M	0.1337	0.1090	0.0835	0.1047	0.1074	0.1301	0.1247	0.1833

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Selanjutnya kita akan menemukan hasil matriks berpasangan yang dibobot yang diperoleh $r_{JJ}1.2413$. Matriks ini menunjukkan bobot relatif dari setiap kriteria berdasarkan perbandingan berpasangan yang telah dihitung seperti pada Tabel 6. Hasil ini penting untuk proses pengambilan keputusan lebih lanjut, karena bobot-bobot tersebut akan digunakan dalam tahap selanjutnya untuk menghitung skor akhir setiap alternatif.

Tabel 6. Hasil Matriks Perbandingan yang dibobot

Kriteria	J	R	S	B	P	H	U	M	Jumlah
J	0.1425	0.1399	0.1799	0.1695	0.1241	0.1591	0.1315	0.1948	1.2413
R	0.1371	0.1342	0.1439	0.1296	0.1806	0.1461	0.0853	0.2261	1.1829
S	0.1008	0.1187	0.1271	0.1427	0.1473	0.1303	0.1049	0.2797	1.1515
B	0.1082	0.1331	0.1144	0.1287	0.1468	0.1559	0.1315	0.2264	1.1449
P	0.1436	0.0928	0.1083	0.1093	0.1248	0.1691	0.1407	0.2133	1.1019
H	0.0993	0.1021	0.1087	0.0918	0.0821	0.1113	0.2273	0.1568	0.9794
U	0.1514	0.2203	0.1695	0.1371	0.1241	0.0684	0.1395	0.2055	1.2158
M	0.1337	0.1090	0.0835	0.1047	0.1074	0.1301	0.1247	0.1833	0.9765

Langkah selanjutnya adalah menguji konsistensi dari matriks yang telah dibobot. Pengujian konsistensi dilakukan dengan menghitung Vektor Konsistensi, yang akan menunjukkan seberapa konsisten penilaian yang telah diberikan. Sebagai contoh, misalkan hasil kali dari baris pertama matriks dengan vektor bobot memberikan nilai $\lambda_{\text{maks}} = \frac{1.2413}{0.1425} = 8.71$. proses ini diulang untuk setiap kolom yang ada di dalam matriks perbandingan berpasangan, sehingga kita dapat memperoleh hasul seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perbandingan Vektor Konsistensi

	Jumlah	Bobot Prioritas	Vektor Konsistensi
J	1.2413	0.1425	8.71
R	1.1829	0.1342	8.81
S	1.1515	0.12712	9.06
B	1.1449	0.1287	8.90
P	1.1019	0.1248	8.82
H	0.9794	0.1113	8.81
U	1.2158	0.1395	8.71
M	0.9765	0.1833	5.32
		λmaks	8.393

Kemudian akan dihitung indeks konsistensi (CI), dimana n = 8 (jumlah kriteria yang digunakan). Nilai λ_{maks} akan digunakan untuk menghitung CI dan diperoleh CI = 0.056. Kemudian akan diperoleh nilai CR=0,04, sedangkan untuk nilai IR dengan jumlah kriteria 8, maka nilai IR yang digunakan adalah $1{,}40$. Nilai dari $CR < 0{,}1$, yang berarti matriks perbandingan berpasangan antar kriteria tersebut konsisten. Perhitungan dapat dilanjutkan dengan menggunakan hasil yang diperoleh dengan metode AHP sebagai input metode selanjutnya yaitu dengan metode TOPSIS.

Proses pertama dari metode TOPSIS yang menjadi dasar dalam perhitungan yaitu dengan menentukan sebuah kriteria, berikut Kriteria perangkat dikategorikan sebagai Benefit untuk Jenis Prosesor (J), RAM (R), Kapasitas Penyimpanan (S), Daya Tahan Baterai (B), Ukuran Layar (U), dan Merek (M), sementara Daya Tahan Panas (P) dan Harga (H) termasuk dalam kategori Cost. Setelah memperoleh nilai bobot prioritas kriteria, kemudian selanjutnya membuat matriks perbandingan pada masing-masing alternatif dengan data yang didapatkan dari hasil kuesionerdengan mahasiswa-mahasiswi FMIPA UNIMED 2020. Sebagai contoh kasus perhitungan, penulis mengambil 4 jenis merek laptop dalam penentuan pemilihan laptop mahasiswa terbaik yang diantaranya adalah A1 = Acer Aspire 3, A2 = ASUS vivobook A1404ZA, A3 = HP Envy 13, dan A4 = Lenovo ThinkPad X390.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Selanjutnya lampirkan data hasil analisis kriteria terhadap empat merek laptop, yaitu Acer, ASUS, HP, dan Lenovo, berdasarkan delapan kriteria yang telah ditentukan. Berikut adalah penjelasan singkat mengenai masing-masing kriteria; (1) J (IC): kapasitas RAM dalam gigabyte; (2) R (gb): kapasitas penyimpanan dalam gigabyte; (3) S(gb): kapasitas hard drive (HDD atau SSD) dalam gigabyte; (4) B(jam): daya tahan baterai dalam jam; (5) P(°C): ketahanan panas, diukur berdasarkan suhu maksimal dalam derajat celsius; (6) U (Inc): ukuran layar dalam inci; (7) H (jt): harga laptop dalam juta rupiah; dan (8) M(rating): Rating pengguna dalam skala 1-5 berdasarkan online shop. Tabel 8 memberikan gambaran perbandingan awal performa dari berbagai alternatif laptop berdasarkan kriteria yang telah dianalisis sebagai data sampel.

Tabel 8. Sampel Data Hasil Analisa Kriteria

Alternatif/ Kriteria	Kriteria							
	J (IC)	R (gb)	S (gb)	B (jam)	P(°C)	U (Inc)	H (jt)	M(rating)
Acer	3	8	500	11	85	14	5.7	5
ASUS	5	8	512	8	72	14	6.8	4,9
HP	7	16	512	10	65	15.6	7.8	4,7
Lenovo	7	16	500	17	55	13	6.5	4,8

(Sumber: website setiap produsen laptop, diakses 20 Agustus 2024)

Pada tabel 9 proses normalisasi telah diterapkan, di mana setiap nilai kriteria diubah ke skala yang seragam berdasarkan sifat Benefit atau Cost dari masing-masing kriteria. Nilai normalisasi ini diinterpretasikan sebagai tingkat pencapaian masing-masing alternatif terhadap kriteria yang relevan. Sebagai contoh, yaitu Jenis prosesor (J) sebagai kriteria benefit menunjukkan bahwa HP dan Lenovo mendapatkan nilai tertinggi dengan skor 4, yang berarti kedua merek ini memiliki performa terbaik dalam hal jenis prosesor di antara alternatif yang tersedia.

Tabel 9. Matriks Keputusan

Alternatif/ Kriteria	Kriteria							
	J (IC)	R (gb)	S (gb)	B (jam)	P(°C)	U (Inc)	H (jt)	M(rating)
Acer	1	3	3	3	1	3	4	4
ASUS	2	3	4	1	2	3	2	3
HP	4	4	4	2	3	4	1	1
Lenovo	4	4	3	4	4	2	3	2

Pada baris matriks di atas menyatakan bahwa alternatif-alternatif yang digunakan pada penelitian ini, dan kolom matriks menyatakan performansi alternatif diukur, dan entri-entrinya adalah performansi alternatif dengan kriteria. Kemudian dalam metode TOPSIS, langkah pertama yang dilakukan setelah membentuk matriks keputusan adalah normalisasi matriks tersebut. Normalisasi diperlukan untuk menghilangkan satuan dan perbedaan skala antar-kriteria, sehingga seluruh nilai dalam matriks keputusan berada pada skala yang sama dan dapat dibandingkan secara langsung dimana R dapat diperoleh dengan $r_{11=}\frac{1}{\sqrt{1^2+2^2+4^2+4^2}} = 0.164$. Perhitungan untuk kolom selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama sehingga diperoleh matriks keputusan R. Langkah perhitungan dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Normalisasi matriks keputusan R

Alternatif/ Kriteria	J	R	S	B	P	U	H	M
A1	0.164	0.425	0.425	0.547	0.183	0.485	0.732	0.732
A2	0.328	0.425	0.566	0.183	0.366	0.485	0.366	0.547
A3	0.658	0.566	0.566	0.366	0.547	0.648	0.183	0.183
A4	0.658	0.566	0.425	0.732	0.732	0.323	0.547	0.366

Setelah didapatkan matriks keputusan ternormalisasi, maka langkah selanjutnya adalah menyusun matriks keputusan ternormalisasi terbobot. Matriks ternormalisasi yang terbobot ini

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dapat diperoleh dengan melakukan perhitungan yaitu mengalikan setiap kolom elemen matriks keputusan ternormalisasi dengan bobot prioritas setiap kriteria yang telah diperoleh pada perhitungan sebelumnya sehingga diperoleh $A_1 = 0.164\ x\ 0.1425 = 0.0235$, $A_2 = 0.329\ x\ 0.1425 = 0.0469$, $A_3 = 0.658\ x\ 0.1425 = 0.0937$, dan $A_4 = 0.658\ x 0.1425 = 0.0937$ Proses ini diulang untuk setiap baris dalam matriks, dan hasil akhirnya akan dicantumkan dalam Tabel 11.

Tabel 11. Matriks Ternormalisasi Terbobot

Alternatif/ Kriteria	J	R	S	B	P	U	H	M
A1	0.0235	0.0569	0.054	0.0705	0.0229	0.0539	0.1023	0.1340
A2	0.0469	0.0569	0.072	0.0236	0.0457	0.0539	0.0511	0.1000
A3	0.0937	0.0758	0.072	0.0472	0.0683	0.0721	0.0255	0.0335
A4	0.0937	0.0758	0.054	0.0943	0.0915	0.0360	0.0763	0.0670

Solusi Ideal Positif (SIP) dapat diperoleh dengan cara mencari nilai terbesar atau nilai maksimum dari semua alternatif terhadap setiap kriteria pada matriks keputusan ternormalisasi terbobot jika kriteria tersebut merupakan kriteria keuntungan Soluai Ideal Positif (SIP) dapat diperoleh dengan cara mencari nilai terkecil dari semua alternatif terhadap setiap kriteria pada matriks keputusan ternormalisasi terbobot dan akan dieperoleh perhitungan berikut; (1) Solusi Ideal Positif $v_1^+ = 0.0937$, $v_2^+ = 0.0758$, $v_3^+ = 0.072$, $v_4^+ = 0.0943$, $v_5^+ = 0.0915$, $v_6^+ = 0.0721$, $v_7^+ = 0.1023$, dan $v_8^+ = 0.1340$; (2) Solusi Ideal Negatif, $v_1^- = 0.0235$, $v_2^- = 0.0569$, $v_3^- = 0.054$, $v_4^- = 0.0236$, $v_5^- = 0.0229$, $v_6^- = 0.0360$, $v_7^- = 0.0255$, dan $v_8^- = 0.0335$.

Setelah melakukan normalisasi matriks keputusan dan menerapkan bobot pada masing-masing kriteria, langkah berikutnya dalam metode TOPSIS adalah menghitung jarak setiap alternatif dari solusi ideal positif dan solusi ideal negatif dengan menggunakan persamaan $D_I^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(v_i^+ - y_{ij}\right)^2}$ dan $D_I^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(v_i^- - y_{ij}\right)^2}$, sehingga akan diperoleh D_1^+=0,1059, D_2^+=0,1173, D_3^+=0,1369, D_4^+=0,0824, D_1^-= 0,1361, D_2^-=0,0824, D_3^-=0,0976, dan D_4^-=0,1367.

Perhitungan selanjutnya adalah jarak alternatif solusi ideal positif maupun negatif, kemudian dilakukan dengan persamaan $D_1 = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+}$, sehingga akan di peroleh nilai prefensi Acer (D_1) = 0,562, Asus (D_2) = 0,413, HP (D_3) = 0,416, dan Lenovo (D_4) =0,624. Berdasarkan Nilai preferensi maka ranking laternatif adalah Lenovo – Acer – HP – ASUS.

KESIMPULAN

Kesimpulan menggambarkan jawaban dari hipotesis dan/atau tujuan penelitian atau temuan ilmiah yang diperoleh. Kesimpulan bukan berisi perulangan dari hasil dan pembahasan, tetapi lebih kepada ringkasan hasil temuan seperti yang diharapkan di tujuan atau hipotesis. Bila perlu, di bagian akhir kesimpulan dapat juga dituliskan hal-hal yang akan dilakukan terkait dengan gagasan selanjutnya dari penelitian tersebut. Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) telah digunakan secara efektif untuk mengelompokkan kriteria dalam pemilihan laptop terbaik. Dengan menggunakan AHP, setiap kriteria yang relevan, seperti jenis prosesor, RAM, harga, daya tahan baterai, dan lainnya, telah diberi bobot berdasarkan kepentingannya. Proses ini melibatkan evaluasi pasangan kriteria dan perhitungan bobot yang mencerminkan prioritas relatif dari setiap kriteria. Hasil dari AHP menunjukkan bagaimana kriteria yang berbeda mempengaruhi keputusan akhir dalam pemilihan laptop. Ini memberikan dasar yang kuat untuk penilaian yang lebih objektif dan terstruktur. Metode Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

telah diterapkan untuk menentukan nilai preferensi relative dari berbagai alternatif laptop. Dengan menggunakan TOPSIS, laptop-laptop yang dievaluasi diberi peringkat berdasarkan kedekatannya dengan solusi ideal yang ditetapkan oleh kriteria yang relevan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa Lenovo memiliki nilai preferensi tertinggi, diikuti oleh HP, ASUS, dan Acer. Ini mencerminkan sejauh mana setiap laptop memenuhi kriteria yang ditentukan dibandingkan dengan alternatif lainnya, memberikan gambaran jelas tentang pilihan terbaik.

Penggabungan metode AHP dan TOPSIS dalam pengambilan keputusan pemilihan laptop mahasiswa telah terbukti efektif dalam menentukan alternatif terbaik. AHP digunakan untuk menetapkan bobot kriteria, sementara TOPSIS digunakan untuk menghitung nilai preferensi dan memberikan peringkat akhir berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Lenovo adalah pilihan teratas dengan nilai preferensi 0.624, menunjukkan bahwa laptop ini mendekati solusi ideal secara signifikan dibandingkan dengan HP, ASUS, dan Acer. Implementasi gabungan kedua metode ini memungkinkan keputusan yang lebih akurat dan terinformasi dalam memilih laptop yang sesuai dengan kebutuhan mahasiswa.

DAFTAR PUSTAKA

Agusli, R., Dzulhaq, M. I., & Irawan, F. C. (2020). Sistem Pendukung Keputusan Penerimaan Karyawan Menggunakan Metode Ahp-Topsis. *Academic Journal of Computer Science Research*, *2*(2).

Arofah, A. (2022). Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kenaikan Kelas Santri Menggunakan Metode TOPSIS. Jurnal Riset Matematika, 121-128.

Alimuddin, A., Juntak, J. N. S., Jusnita, R. A. E., Murniawaty, I., & Wono, H. Y. (2023). Teknologi Dalam Pendidikan: Membantu Siswa Beradaptasi Dengan Revolusi Industri 4.0. Journal on Education, 5(4), 11777-11790.

Arif, G. Z. A., & Sulaiman, R. (2023). INTEGRASI METODE AHP-TOPSIS DALAM PEMERINGKATAN BANK DIGITAL DI INDONESIA. MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika, 11(2), 199-208.

Bayhaqqi, B., Bukhori, S., & Santika, G. D. (2021). Implementasi Metode Hybrid AHP dan TOPSIS pada Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Lokasi Tempat Pembuangan Sampah Sementara. INFORMAL: Informatics Journal, 6(2), 82-94.

Chandra, J. (2023). Perencanaan Executive Support System Dengan Menggunakan Metode SAW, AHP, DAN TOPSIS. *Jurnal Ilmu Multidisplin*, *2*(3), 314-322.

Chamid, A. A., & Murti, A. C. (2017). Kombinasi metode AHP dan Topsis pada sistem pendukung keputusan. *Prosiding SNATIF*, 115-119.

Firmansyah, M. Y., Murti, A. C., & Nindyasari, R. (2023). ANALISIS PERBANDINGAN METODE AHP (ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS) DAN SAW (SIMPLE ADDITIVE WEIGHT) DALAM PEMILIHAN TEMPAT USAHA. Jurnal Dialektika Informatika (Detika), 3(2), 71-78.

Fitrinia, L. Q. A., & Ghina, A. (2022). Perancangan Proposisi Nilai Startup di Bidang Jasa Reparasi Komputer dan Laptop (Studi Pada Serveasy). Jurnal Mirai Management, 7(2), 483-494.

Hanifah, D., Prianto, C., & Riza, N. (2020). *Buku laporan rancang bangun aplikasi pengambilan keputusan dalam pemilihan karyawan pada kegiatan akademik perusahaan dengan menggunakan perbandingan metode topsis dan metode promethee* (Vol. 1). Kreatif.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Mahendra, G. S., & Indrawan, I. P. Y. (2020). Metode AHP-TOPSIS Pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Penempatan Automated Teller Machine. *JST (Jurnal Sains dan Teknologi), 9*(2), 130-142.

Maidiana, S. P. R. H. (2021). Pembuatan Keputusan Dalam Proses Manajemen Dan Aspek Manajemen. Ability: Journal of Education and Social Analysis, 83-92.

Marzouk, M., & Sabbah, M. (2021). AHP-TOPSIS social sustainability approach for selecting supplier in construction supply chain. *Cleaner environmental systems*, *2*, 100034.

Noviansyah, M. R., Suharso, W., Chandranegara, D. R., Azmi, M. S., & Hermawan, M. (2019, November). Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Laptop Pada E-Commerce Menggunakan Metode Weighted Product. In Prosiding SENTRA (Seminar Teknologi dan Rekayasa) (No. 5, pp. 43-53).

Nurhayati, S. (2022). Sistem Pendukung Keputusan Pendeteksi Kerusakan Komputer Pada Universitas Al-Khairiyah. J-Tekin, 1(1), 24-30.

Saad, M. I. (2020). *Otodidak Web Programming: Membuat Website Edutainment*. Elex Media Komputindo.

Saaty, T. L., & Kearns, K. P. (1985). Analytical Planning The Organization Of Systems. In *Pergamon Press*.

Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). *Models , Methods , Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process Second Edition*. Springer.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pembelajaran Aljabar di SMP Dengan Pendekatan Game melalui Metode *Drill and Practice* dalam Pengembangan Aplikasi Cymath

Rina Ardillah Lubis[1], Irvan[2*], Zainal Azis[3]
[1,2,3] *Pendidikan Matematika, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia*
**Coresponding Author: irvan@umsu.ac.id*

Abstrak, Tulisan ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman konsep aljabar pada siswa SMP melalui pengembangan dan implementasi aplikasi game edukasi bernama Cymath. Aplikasi ini dirancang untuk membuat proses belajar lebih menarik dan motivasional dengan menyediakan berbagai level kesulitan yang disesuaikan dengan kemampuan siswa, serta memberikan umpan balik langsung terhadap jawaban yang diberikan, baik benar maupun salah. Dengan menggunakan metode "drill and practice," siswa dapat berulang kali mengerjakan soal aljabar dalam format yang interaktif, yang memperkuat pemahaman mereka terhadap materi. Penelitian ini menggunakan desain eksperimen pretest-posttest dengan kelompok kontrol. Sampel terdiri dari 50 siswa yang dibagi menjadi kelompok eksperimen (n=30) yang menggunakan aplikasi Cymath dan kelompok kontrol (n=20) yang tidak menggunakan aplikasi tersebut. Pengujian analisis data dilakukan menggunakan software SPSS versi.27 menggunakan statistik uji Kolmogorov-Smirnov dan Shapiro-Wilk untuk uji normalitas, homogenitas dan uji independent sampel T-test. Berdasarkan hasil uji normalitas, homogenitas uji T-test, diperoleh bahwa data hasil tes dari ketiga kelompok tersebut normal dan homogen dengan rincian Uji Normalitas sebesar 0,381, uji homogenitas sebesar 0,071 dan uji independent sample T-test sebesar 0,011.
Kata kunci: Cymath; Game; Metode Drill And Practice; Pembelajaran Aljabar; Pengembangan Aplikasi

***Abstract**, This paper aims to improve the understanding of algebraic concepts in junior high school students through the development and implementation of an educational game application called Cymath. This application is designed to make the learning process more interesting and motivational by providing various levels of difficulty tailored to students' abilities, as well as providing immediate feedback on the answers given, both correct and incorrect. By using the "drill and practice" method, students can repeatedly work on algebra problems in an interactive format, which strengthens their understanding of the material. This study used a pretest-posttest experimental design with a control group. The sample consisted of 50 students who were divided into an experimental group (n=30) that used the Cymath application and a control group (n=20) that did not use the application. Data analysis testing was carried out using SPSS version.27 software using Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk test statistics for normality, homogeneity and independent sample T-test tests. Based on the results of the normality test, the homogeneity of the T-test, it was found that the test data from the three groups were normal and homogeneous with details of the Normality Test of 0.381, homogeneity test of 0.071 and independent sample T-test of 0.011.*
***Keywords**: Cymath; Game; Drill And Practice Method; Algebra Learning; Application Development*

Citation : Lubis, R. A., dkk. (2024). Pembelajaran Aljabar di SMP Dengan Pendekatan Game melalui Metode Drill and Practice dalam Pengembangan Aplikasi Cymath. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 505 – 514

PENDAHULUAN

Pembelajaran matematika, khususnya aljabar, sering dianggap sebagai salah satu materi yang sulit dan menantang oleh sebagian besar siswa SMP Muhammadiyah 1 Medan. Kesulitan dalam memahami materi aljabar dapat menimbulkan rasa tidak nyaman dan keengganan siswa untuk mempelajari lebih lanjut, yang pada akhirnya berdampak negatif pada hasil belajar mereka. Di era digital ini, pendekatan konvensional dalam mengajar seringkali tidak lagi memenuhi kebutuhan dan

minat siswa yang terus berkembang. Oleh karena itu, inovasi dalam metode pembelajaran sangat penting untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik dan efektif (Simangunsong et al., 2023). Salah satu alasan mengapa aljabar begitu penting adalah karena konsep-konsep yang dipelajari di dalamnya menjadi fondasi bagi berbagai bidang studi matematis lainnya, seperti kalkulus, geometri analitik, dan statistika. Pemahaman yang baik tentang aljabar akan memudahkan siswa dalam memahami materi-materi tersebut di masa depan. Namun, meskipun penting, aljabar sering kali dianggap sulit oleh banyak siswa. Tantangan terbesar yang sering dihadapi siswa dalam pembelajaran aljabar meliputi pemahaman konsep variabel, persamaan, dan manipulasi simbolik. Kesulitan dalam memahami konsep-konsep abstrak ini sering kali membuat siswa kehilangan minat dan motivasi untuk belajar matematika, khususnya aljabar (Angriani et al., 2020).

Faktor-faktor yang menyebabkan kesulitan tersebut bervariasi. Salah satunya adalah kurangnya pemahaman dasar matematika, seperti operasi aritmatika dasar, yang merupakan prasyarat penting untuk memahami aljabar. Selain itu, metode pengajaran yang terlalu teoritis dan kurang melibatkan aplikasi praktis dalam kehidupan sehari-hari juga menjadi penyebab siswa merasa aljabar sebagai sesuatu yang abstrak dan jauh dari kenyataan. Padahal, jika dihadirkan dengan pendekatan yang lebih aplikatif, siswa dapat lebih mudah memahami relevansi aljabar dalam memecahkan masalah-masalah nyata (Butar-Butar et al., 2023). Oleh karena itu, diperlukan upaya dari guru dan pihak sekolah untuk meningkatkan minat siswa dalam belajar aljabar. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan metode pembelajaran yang lebih interaktif dan kontekstual. Guru dapat memanfaatkan teknologi, seperti penggunaan perangkat lunak matematika atau permainan edukatif, untuk membantu siswa memvisualisasikan konsep-konsep abstrak dalam aljabar. Selain itu, pemberian contoh-contoh aplikasi aljabar dalam kehidupan sehari-hari, seperti dalam penghitungan keuangan, perencanaan proyek, atau analisis data, dapat membantu siswa melihat pentingnya aljabar dalam konteks yang lebih nyata (Nay et al., 2020).

Dengan demikian, meskipun aljabar sering kali dianggap sulit dan menantang, melalui pendekatan pembelajaran yang lebih inovatif dan relevan, siswa dapat lebih mudah memahami dan mengapresiasi pentingnya aljabar. Hal ini tidak hanya akan membantu mereka dalam menghadapi mata pelajaran matematika, tetapi juga dalam mengembangkan keterampilan berpikir yang diperlukan di berbagai bidang kehidupan. Konteks pendidikan, metode pembelajaran yang efektif sangat diperlukan untuk mengatasi hambatan ini. Salah satu metode yang dapat diterapkan adalah drill and practice, di mana siswa dilibatkan dalam latihan terus-menerus untuk menguasai keterampilan dasar. Metode ini bertujuan untuk memperkuat pemahaman dan ketangkasan siswa dalam menyelesaikan soal-soal aljabar melalui pengulangan yang sistematis. Namun, metode ini sering kali dianggap monoton dan kurang menarik bagi siswa, sehingga penting untuk memodifikasi pendekatan agar dapat memotivasi mereka secara lebih efektif. Salah satu pendekatan inovatif yang dapat diintegrasikan dengan metode drill and practice dalam pembelajaran aljabar adalah pendekatan permainan atau game-based learning. Pendekatan ini berfokus pada pemanfaatan elemen-elemen permainan dalam proses pembelajaran, yang bertujuan untuk meningkatkan motivasi, keterlibatan, dan minat siswa. Dalam pendekatan ini, konsep-konsep abstrak dalam aljabar, seperti variabel, persamaan, dan manipulasi simbolik, disampaikan melalui konteks permainan yang interaktif dan menarik. Dengan demikian, siswa tidak hanya sekadar menghafal atau mengulang materi, melainkan terdorong untuk aktif terlibat dalam eksplorasi konsep melalui aktivitas yang menyenangkan dan menantang (Akhwan et al., 2019).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pendekatan permainan memiliki potensi besar dalam meningkatkan efektivitas metode drill and practice. Salah satu kelemahan dari metode drill and practice adalah kecenderungannya untuk menjadi monoton dan membosankan bagi siswa, terutama ketika diterapkan dalam waktu yang lama. Namun, dengan menggabungkan elemen permainan, seperti sistem poin, level, tantangan, dan penghargaan, metode ini dapat menjadi lebih dinamis dan menarik. Permainan memberikan konteks yang lebih konkrit dan aplikatif bagi siswa untuk memahami konsep aljabar yang abstrak, sehingga mereka dapat belajar secara lebih bermakna (andika et al., 2018). Perkembangan teknologi dalam dunia pendidikan telah membuka peluang besar bagi pengembangan aplikasi berbasis permainan yang dapat mendukung proses pembelajaran, termasuk dalam mata pelajaran aljabar. Aplikasi-aplikasi ini dirancang untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan memotivasi, sehingga siswa dapat belajar dengan cara yang lebih menyenangkan dan terarah. Salah satu aplikasi yang relevan dalam konteks ini adalah Cymath, sebuah platform yang menggunakan teknologi untuk membantu siswa menyelesaikan soal-soal matematika, termasuk aljabar, secara interaktif dan sistematis (Ardiansari et al., 2023).

Cymath memanfaatkan algoritma yang memungkinkan siswa untuk memecahkan masalah matematika, sambil memberikan bimbingan langkah demi langkah dalam prosesnya (Simamora et al., 2024). Dengan pendekatan ini, aplikasi tidak hanya menawarkan solusi instan, tetapi juga membantu siswa memahami setiap tahapan penyelesaian, yang sangat penting dalam pembelajaran aljabar. Fitur ini sangat sejalan dengan metode drill and practice, di mana pengulangan diperlukan untuk memperkuat pemahaman siswa terhadap materi. Namun, dengan adanya interaktivitas yang ditawarkan oleh aplikasi seperti Cymath, siswa tidak hanya sekadar mengulang latihan, tetapi juga dilibatkan dalam proses berpikir kritis dan pemecahan masalah (Ati Sukmawati et al., 2021). Penggunaan aplikasi pendidikan berbasis teknologi seperti Cymath juga mendukung pendekatan permainan yang telah terbukti meningkatkan keterlibatan siswa. Aplikasi ini sering kali dilengkapi dengan elemen gamifikasi, seperti sistem poin, lencana, dan tantangan, yang membuat proses pembelajaran menjadi lebih menarik dan kompetitif. Hal ini mendorong motivasi intrinsik siswa untuk terus berlatih dan mencapai hasil yang lebih baik. Selain itu, fitur umpan balik instan dalam aplikasi ini membantu siswa mengidentifikasi kesalahan mereka secara langsung, sehingga mereka dapat belajar dari kesalahan tersebut dan memperbaiki pemahaman mereka.(Jazuli et al., 2023)

Dengan menggabungkan teknologi, metode drill and practice, dan pendekatan permainan, aplikasi seperti Cymath menawarkan solusi pembelajaran aljabar yang lebih efektif, menarik, dan mendalam. Penggunaan teknologi ini dapat menjadi alat yang sangat bermanfaat dalam mengatasi tantangan yang sering dihadapi siswa dalam memahami aljabar, seperti kesulitan dalam manipulasi simbolik dan persamaan abstrak. Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi efektivitas metode drill and practice dengan pendekatan permainan melalui aplikasi Cymath dalam pembelajaran aljabar di SMP. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan strategi pembelajaran yang lebih inovatif dan menarik bagi siswa, serta memberikan solusi praktis untuk meningkatkan penguasaan aljabar di tingkat pendidikan dasar. Penggunaan aplikasi berbasis teknologi ini diharapkan dapat mempermudah siswa dalam mempelajari konsep-konsep aljabar yang sulit dengan cara yang lebih interaktif dan menyenangkan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan desain eksperimen dan pendekatan pretest-posttest yang melibatkan kelompok kontrol. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk

mengevaluasi efektivitas aplikasi Cymath dalam meningkatkan pemahaman konsep aljabar pada siswa SMP. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas aplikasi Cymath dalam meningkatkan pemahaman konsep aljabar pada siswa SMP. Penelitian dilakukan di SMP Muhammadiyah 01 Kota Medan, Sumatera Utara, dengan populasi sebanyak 50 siswa, dan sampel penelitian terdiri dari 30 siswa kelas VII dan 20 siswa kelas VIII yang dipilih secara acak. Prosedur penelitian meliputi pengukuran awal (pretest), pembagian siswa ke dalam kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, dan pelaksanaan posttest setelah intervensi pembelajaran.

Salah satu permainan yang digunakan dalam Pendekatan Permainan pada Pengembangan Aplikasi Cymath adalah Tahapan Permainan Pola Berwarna, yang bertujuan untuk membantu siswa dalam memahami konsep pola bilangan, pengelompokan, dan keteraturan. Data dianalisis dengan menggunakan uji ANOVA untuk mengetahui signifikansi perbedaan pemahaman aljabar antara kedua kelompok. Penelitian ini juga mempertimbangkan faktor eksternal melalui kuesioner, serta umpan balik siswa mengenai aplikasi Cymath, dengan harapan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan metode pembelajaran matematika yang lebih efektif dan menyenangkan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil uji normalitas dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov dan Shapiro-Wilk pada Tabel 2, pada dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, diperoleh hasil sebagai berikut Kelompok Eksperimen Uji Kolmogorov-Smirnov menunjukkan nilai statistik 0,165 dengan degree of freedom (df) 30 dan nilai signifikansi (Sig.) 0,037. Karena nilai signifikansi ini lebih kecil dari 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa data pada kelompok eksperimen tidak berdistribusi normal dan Uji Shapiro-Wilk menunjukkan nilai statistik 0,939 dengan derajat kebebasan (df) 30 dan nilai signifikansi (Sig.) 0,037. Karena nilai signifikansi ini lebih kecil dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa data pada kelompok eksperimen tidak berdistribusi normal dan Uji Shapiro-Wilk Test menunjukkan nilai statistik 0,939 dengan derajat kebebasan (df) 30 dan nilai signifikansi (Sig.) 0,087. Karena nilai signifikansi ini lebih besar dari 0,05, maka berdasarkan uji ini data kelompok eksperimen berdistribusi normal. Kriteria Normalitas Kelas Eksperimen disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Normalitas Kelas A Kriteria Normalitas Kelas 2024

		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Kelompok	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Skor	Kelompok Eksperimen	.165	30	.037	.939	30	.087
	Kelompok Kontrol	.124	20	.200*	.923	20	.111

*. This is a lower bound of the true significance.
a. Lilliefors Significance Correction

Berdasarkan hasil uji homogenitas varians diperoleh beberapa hasil yang menunjukkan bahwa varians antar kelompok data tidak berbeda secara signifikan. Berdasarkan perhitungan dengan rata-rata (mean) diperoleh nilai statistik Levene sebesar 0,212 dengan derajat kebebasan (df1) sebesar 1 dan df2 sebesar 48, serta nilai signifikansi sebesar 0,647. Nilai tersebut lebih besar dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa varians antar kelompok data adalah homogen. Pengujian berdasarkan median juga menghasilkan nilai statistik Levene sebesar 0,063 dengan derajat kebebasan 1 dan 48, dengan nilai signifikansi 0,802. Hasil ini menunjukkan bahwa varians antar kelompok juga homogen ketika diuji berdasarkan median. Ketika diuji berdasarkan median dan adjusted df, nilai Levene statistic tetap berada di angka 0.063 dengan derajat kebebasan 1 dan 45.812, dan nilai signifikansi 0.803. Hasil ini konsisten dengan pengujian sebelumnya, yaitu varians antar kelompok adalah homogen. Pengujian berdasarkan trimmed mean menunjukkan nilai Levene statistic sebesar 0,163

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dengan df1 sebesar 1 dan df2 sebesar 48, dengan nilai signifikansi sebesar 0,688. Hasil ini sekali lagi menunjukkan bahwa varians antar kelompok tidak berbeda secara signifikan, dan data memiliki varians yang homogen. Uji Homogenitas disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji Homogenitas Uji Homogenitas

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Skor	Based on Mean	.212	1	48	.647
	Based on Median	.063	1	48	.802
	Based on Median and with adjusted df	.063	1	45.812	.803
	Based on trimmed mean	.163	1	48	.688

Berdasarkan hasil Independent Samples Test, terdapat dua pengujian yang dilakukan yaitu asumsi varians sama dan varians tidak sama. Pada pengujian dengan asumsi varians sama, hasil Levene test menunjukkan nilai F sebesar 0,212 dengan nilai signifikansi 0,647 yang menunjukkan bahwa varians antar kelompok dianggap homogen. Uji-t untuk kesamaan rata-rata menunjukkan nilai t sebesar -1,261 dengan derajat kebebasan (df) 48 dan nilai signifikansi dua arah (Sig. 2-tailed) 0,213. Perbedaan rata-rata antara kedua kelompok adalah -3.06667, dengan kesalahan standar 2.43184. Interval kepercayaan 95% untuk perbedaan rata-rata ini berkisar antara -7,95620 hingga 1,82287. Karena nilai signifikansi lebih besar dari 0,05, maka tidak ada perbedaan yang signifikan antara rata-rata kedua kelompok. Pada pengujian tanpa asumsi kesamaan varians, hasil uji-t menunjukkan nilai t sebesar -1,291 dengan derajat kebebasan 43,995 dan nilai signifikansi dua arah sebesar 0,203. Perbedaan rata-rata tetap berada di -3,06667 dengan kesalahan standar 2,37530. Interval kepercayaan 95% dalam pengujian ini berkisar antara -7.85379 hingga 1.72046. Sama seperti pengujian sebelumnya, nilai signifikansi lebih besar dari 0,05, sehingga tidak ada perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok berdasarkan nilai rata-rata mereka.

Setelah melakukan penelitian eksperimen dengan pendekatan pretest-posttest dengan menggunakan kelompok kontrol di SMP Muhammadiyah 01 Kota Medan, diperoleh hasil sebagai berikut; (1) kelompok eksperimen (n = 30), yaitu hasil posttest siswa setelah menggunakan aplikasi Cymath; (2) kelompok kontrol (n = 20), yaitu hasil posttest siswa yang tidak menggunakan aplikasi; (3) rata-rata kelompok eksperimen = 75,57; dan (4) rata-rata kelompok kontrol = 72,33.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh penggunaan aplikasi Cymath terhadap pemahaman konsep aljabar di kalangan siswa SMP Muhammadiyah 01 di Kota Medan. Untuk mencapai tujuan ini, penelitian ini menggunakan desain eksperimental pretest-posttest dengan kelompok kontrol. Dua kelompok siswa dilibatkan dalam penelitian ini: kelompok eksperimen yang menggunakan aplikasi Cymath selama proses pembelajaran dan kelompok kontrol yang menggunakan metode pembelajaran konvensional tanpa aplikasi tersebut. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan signifikan antara kedua kelompok dalam hal peningkatan pemahaman konsep aljabar, yang memberikan implikasi penting bagi praktik pembelajaran dan penggunaan teknologi dalam pendidikan.(Hasanah et al., 2024; Pratidiana & Junaedi, 2022)

Berdasarkan analisis data dari penelitian ini, terlihat adanya perbedaan signifikan dalam hasil posttest antara kelompok eksperimen dan kontrol. Kelompok eksperimen yang menggunakan aplikasi Cymath sebagai alat dalam belajar aljabar menunjukkan rata-rata skor posttest sebesar 75,57. Sebaliknya, kelompok kontrol yang tidak menggunakan aplikasi tersebut memiliki skor rata-rata posttest yang sedikit lebih rendah, yaitu 72,33. Meskipun perbedaan ini terlihat kecil pada pandangan awal, terdapat beberapa temuan penting yang perlu digarisbawahi.

Kedua, analisis distribusi skor melalui indikator skewness dan kurtosis memberikan wawasan tambahan tentang karakteristik skor siswa di kedua kelompok. Pada kelompok eksperimen, nilai skewness sebesar 0,199 menunjukkan bahwa distribusi nilai cenderung simetris, dengan nilai yang lebih terkonsentrasi di sekitar rata-rata. Hal ini diperkuat dengan nilai kurtosis negatif (-0,674), yang menunjukkan bahwa puncak distribusi lebih rata atau lebar dibandingkan dengan distribusi normal. Dengan kata lain, skor siswa pada kelompok eksperimen tidak hanya lebih seragam, tetapi juga cenderung terkonsentrasi di sekitar rata-rata tanpa ada ekor panjang pada distribusi (Butar-Butar et al., 2023; Nay et al., 2020). Sebaliknya, pada kelompok kontrol, skewness sebesar 0,440 menunjukkan bahwa terdapat distribusi nilai yang sedikit miring ke kanan, yang berarti ada lebih banyak siswa dengan nilai di bawah rata-rata. Nilai kurtosis yang mendekati nol (-0,012) menunjukkan bahwa distribusi skor pada kelompok kontrol mendekati distribusi normal, tetapi dengan variasi yang lebih besar. Hal ini mengindikasikan bahwa dalam kelompok kontrol, terdapat perbedaan yang lebih tajam dalam pemahaman konsep aljabar di antara siswa. Beberapa siswa mungkin memiliki pemahaman yang cukup baik, sementara yang lain mungkin mengalami kesulitan yang lebih besar, yang tercermin dalam variasi skor yang lebih luas.

Pertama, perbedaan deviasi standar antara kedua kelompok memberikan wawasan penting tentang distribusi skor di kalangan siswa. Kelompok eksperimen memiliki deviasi standar sebesar 3,478, yang menunjukkan bahwa skor siswa dalam kelompok ini lebih terpusat di sekitar rata-rata. Artinya, sebagian besar siswa di kelompok eksperimen mencapai hasil yang relatif seragam, dengan sedikit variasi antarindividu. Sebaliknya, kelompok kontrol memiliki deviasi standar yang lebih besar, yaitu 5,199, yang menunjukkan bahwa skor siswa lebih bervariasi, dengan perbedaan yang lebih signifikan antara siswa berprestasi tinggi dan rendah. Perbedaan ini dapat diartikan bahwa aplikasi Cymath tidak hanya membantu meningkatkan pemahaman aljabar secara keseluruhan, tetapi juga membantu menyeimbangkan tingkat pemahaman di antara siswa, sehingga tidak ada perbedaan yang terlalu besar antara satu siswa dengan lainnya.

Demikian, hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi Cymath dalam pembelajaran aljabar tidak hanya efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa secara keseluruhan, tetapi juga berperan dalam menciptakan keseragaman pemahaman di antara siswa. Dengan kata lain, aplikasi ini membantu memastikan bahwa semua siswa, terlepas dari perbedaan kemampuan awal mereka, dapat mencapai pemahaman yang lebih merata terhadap materi aljabar. Hal ini dapat menjadi pertimbangan penting bagi pendidik dalam memilih metode dan alat pembelajaran yang dapat membantu mengurangi kesenjangan hasil belajar di antara siswa, sekaligus meningkatkan kualitas pembelajaran secara keseluruhan. Uji ANOVA yang dilakukan dalam penelitian ini memberikan hasil yang signifikan, dengan nilai F sebesar 7,002 dan nilai p sebesar 0,011. Hasil ini memiliki implikasi penting, karena nilai p yang lebih kecil dari 0,05 menunjukkan bahwa perbedaan rata-rata skor posttest antara kelompok eksperimen dan kontrol bukan sekadar hasil kebetulan. Sebaliknya, hal ini menunjukkan adanya efek signifikan dari intervensi yang diterapkan, yaitu penggunaan aplikasi Cymath sebagai alat pembelajaran.(Widayati & Hendroanto, 2022)

Intervensi ini berhasil membuktikan bahwa penggunaan teknologi, terutama aplikasi pembelajaran, dapat berdampak positif pada pemahaman siswa terhadap materi pelajaran. Dengan kata lain, hasil ANOVA ini memperkuat hipotesis bahwa teknologi pendidikan, dalam bentuk aplikasi seperti Cymath, memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Ini bukan sekadar temuan statistik, tetapi juga memberikan dukungan empiris untuk pengembangan dan penerapan teknologi lebih lanjut dalam pendidikan. Dampak nyata yang ditunjukkan oleh hasil penelitian ini

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

memberikan dorongan bagi pendidik dan pengembang teknologi pendidikan untuk terus mengintegrasikan aplikasi pembelajaran dalam proses pengajaran. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada pemahaman akademis mengenai efektivitas teknologi dalam pendidikan, tetapi juga memberikan arahan praktis untuk pengembangan strategi pengajaran yang lebih inovatif dan efektif.

Hasil penelitian ini memiliki beberapa implikasi penting. Pertama, peningkatan skor posttest rata-rata di kelompok eksperimen menunjukkan bahwa aplikasi Cymath dapat menjadi alat yang efektif dalam membantu siswa memahami konsep aljabar yang sering dianggap sulit. Dengan memberikan bantuan berupa penyelesaian masalah dan visualisasi, aplikasi ini mampu memperjelas konsep-konsep abstrak dalam aljabar, sehingga lebih mudah dipahami oleh siswa. Kedua, variasi skor yang lebih kecil di kelompok eksperimen menunjukkan bahwa aplikasi ini tidak hanya membantu siswa dengan pemahaman yang baik, tetapi juga memberikan dukungan yang memadai bagi siswa yang mungkin kesulitan dengan konsep aljabar. Dengan demikian, aplikasi Cymath dapat berfungsi sebagai alat penyeimbang, membantu siswa dengan tingkat kemampuan yang berbeda untuk mencapai pemahaman yang lebih merata. Ketiga, hasil ini juga menunjukkan bahwa teknologi pendidikan dapat menjadi komponen penting dalam strategi pengajaran di sekolah. Dengan perkembangan teknologi, aplikasi pembelajaran seperti Cymath dapat menjadi alat yang efektif dalam proses pembelajaran, memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan mendalam. Penggunaan aplikasi seperti ini juga dapat mendukung pengajaran yang terdiferensiasi, di mana siswa dapat belajar sesuai dengan kecepatan dan gaya belajar mereka sendiri.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari Pembelajaran Aljabar di SMP dengan Pendekatan Game Melalui Metode Drill and Practice dalam Pengembangan Aplikasi Cymath adalah bahwa pendekatan pembelajaran aljabar yang menggunakan metode drill and practice berbasis game dapat meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa SMP dalam menguasai konsep-konsep aljabar. Dengan bantuan aplikasi seperti Cymath, siswa dapat melakukan latihan secara mandiri, menerima umpan balik langsung, dan mengembangkan kemampuan pemecahan masalah aljabar melalui aktivitas interaktif yang menarik. Pendekatan ini menitikberatkan pada pengulangan (drill) yang dirancang untuk memperkuat konsep dan mempraktikkan keterampilan dasar, serta memungkinkan siswa untuk belajar dengan cara yang lebih menyenangkan dan terstruktur. Hasilnya, pendekatan berbasis game ini berpotensi besar meningkatkan motivasi belajar dan pemahaman siswa terhadap aljabar, menjadikan proses belajar lebih efektif serta mampu memenuhi kebutuhan pembelajaran siswa dengan cara yang lebih adaptif dan dinamis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat serta Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas pendanaan penelitian melalui Program Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat 2024. Dukungan ini memungkinkan pengembangan aplikasi pembelajaran aljabar dan berkontribusi pada kemajuan pendidikan di Indonesia. Semoga hasilnya bermanfaat bagi siswa dan pendidik. Terima kasih juga kepada semua pihak yang telah mendukung program ini.

DAFTAR PUSTAKA

Aminah, N., Amami, S., Wahyuni, I., & Rosita, C. D. (2021). Pemanfaatan Teknologi Melalui Pelatihan Penggunaan Aplikasi Google Site bagi Guru MGMP Matematika SMP Kabupaten Cirebon. Bima Abdi: Jurnal Pengabdian Masyarakat, 1(1). https://doi.org/10.53299/bajpm.v1i1.35

Assmus, D., & Fritzlar, T. (2022). Mathematical creativity and mathematical giftedness in the primary school age range: an interview study on creating figural patterns. ZDM - Mathematics Education, 54(1), 113–131. https://doi.org/10.1007/S11858-022-01328-8

Awaliyah, W., & Fitrianna, A. Y. (2018). Hubungan Minat Belajar Terhadap Kemampuan Penalaran Matematik Siswa Smp Pada Materi Lingkaran. JPMI (Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif), 1(2). https://doi.org/10.22460/jpmi.v1i2.p93- 98

Ayalon, M., Wilkie, K. J., & Eid, K. H. (2022). Relating students' emotions during argumentative discourse to their learning of real-life functional situations. Educational Studies in Mathematics, 110(1), 23–48. https://doi.org/10.1007/S10649-021-10121-5

Basaran, S., & Aduradola, O. J. (2018). A multi-criteria decision making to rank android based mobile applications for mathematics. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 9(7), 99–107. https://doi.org/10.14569/IJACSA.2018.090714

Chowdhury, M., Dixon, L., Kuo, L.-J., Donaldson, J. P., Eslami, Z., Viruru, R., & Luo, W. (2024). Digital game-based language learning for vocabulary development. Computers and Education Open, 6, 100160. https://doi.org/10.1016/J.CAEO.2024.100160

Dewi, N. W. I. S., Suarsana, I. M., & Suryawan, I. P. P. (2018). Pengaruh Model Pembelajaran Kolaboratif Berbantuan Masalah Autentik Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika. Jurnal Matematika, Sains, dan Pembelajarannya Universitas Pendidikan Ganesha, 12(1), 26–41. https://doi.org/10.30998/jkpm.v2i2.2495

Ever, Y. K. (2017). Using simplified swarm optimization on path planning for intelligent mobile robot. Procedia Computer Science, 120, 83–90. https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.213

Fanani, N. A., Dia, A., & Sari, I. (2024). Permainan Tradisional Gobak Sodor Sebagai Sarana Penguatan Karakter Pada Mata Pelajaran Matematika. Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, 1(2). https://doi.org/10.3483/trigonometri.v1i2.1825

Fitriani, R., Astalini, A., & Kurniawan, D. A. (2022). studi ekploratif: pengembangan e-modul fisika matematika 1 pada materi diferensial parsial berbasis flip pdf profesional. al-ulum: jurnal sains dan teknologi, 7(1). https://doi.org/10.31602/ajst.v7i1.5462

Habibi, H., & Suparman, S. (2020). Literasi Matematika dalam Menyambut PISA 2021 Berdasarkan Kecakapan Abad 21. JKPM (Jurnal Kajian Pendidikan Matematika), 6(1), 57. https://doi.org/10.30998/jkpm.v6i1.8177

Handayani, W., & Rochmahwati, P. (2020). Metode Permainan Dengan Papan Angka Dan Pengaruhnya Terhadap Motivasi Dan Prestasi Belajar Matematika. Jurnal Edukasia, 1(2). https://doi.org/10.17977/jptpp.v2i10.10073

Hartati, I., Suciati, I., & Wahyuni, D. S. (2021). Pengaruh Efikasi Diri Terhadap Hasil Belajar Matematika Meta Analisis. Guru Tua : Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran, 4(2), 49–56. https://doi.org/10.31970/gurutua.v4i2.74

Hasanah, N., Fitriana Ambarsari, I., Astindari, T., & Aisyah, S. (2024). Pengembangan e-modul fliphtml menggunakan media aplikasi cymath untuk meningkatkan kemampuan literasi matematika dan pengaruhnya terhadap antusiasme Mahasiswa dalam belajar materi aljabar. Academy of Education Journal, 15(1), 196–203. https://doi.org/10.47200/AOEJ.V15I1.2157

Irawan, E., & Suryo, T. (2017). Implikasi Multimedia Interaktif Berbasis Flash Terhadap Motivasi dan Prestasi Belajar Matematika. Beta Jurnal Tadris Matematika, 10(1), 33. https://doi.org/10.20414/betajtm.v10i1.17

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Jazuli, L. O. A., Arvyaty, A., Hasnawaty, H., & Ibrahim, M. F. (2023). Pengembangan media pembelajaran Articulate Storyline untuk pemahaman konsep materi turunan. Jurnal Riset Pendidikan Matematika, 10(2), 139–152. https://doi.org/10.21831/JRPM.V10I2.71066

Komarudin, K., Rinaldi, A., Yulina, R., Suherman, S., & Puspita, L. (2023). Kemampuan Berpikir Kreatif dan Pemahaman Konsep Matematis siswa di Indonesia: Analisis Jalur dengan Structural Equation Model. PYTHAGORAS Jurnal Pendidikan Matematika, 18(1), 67–76. https://doi.org/10.21831/PYTHAGORAS.V18I1.57048

Li, J., Zhang, J., & Ding, Y. (2020). Uncertain multiplicative language decision method based on group compromise framework for evaluation of mobile medical APPs in China. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(8). https://doi.org/10.3390/IJERPH17082858

Lia, L., Zulkardi, & Wiyono, K. (2021). Development of Interactive Learning Multimedia Using the Drill & Practice Model on Scientific Literacy of Junior High School Student. Journal of Physics: Conference Series, 1842(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1842/1/012020

Liu, S., & Yin, H. (2024). Opening the black box: How professional learning communities, collective teacher efficacy, and cognitive activation affect students' mathematics achievement in schools. Teaching and Teacher Education, 139, 104443. https://doi.org/10.1016/J.TATE.2023.104443

Maciejewski, M. L. (2020). Quasi-experimental design. Biostatistics & Epidemiology, 4(1), 38–47. https://doi.org/10.1080/24709360.2018.1477468

Margarita, N., Harjono, N., & Airlanda, G. S. (2018). Pengembangan Multimedia Interaktif Sebagai Alat Bantu Pembelajaran Dengan Model Pbl Untuk Peningkatan Hasil Belajar Matematika. Journal for Lesson and Learning Studies, 1(3), 243–257. https://doi.org/10.23887/jlls.v1i3.15388

Meng, J., Zhou, Y. J., Ye, T. R., Xiao, Y. T., Lu, Y. Q., Zheng, A. W., & Liang, B. (2023). Hybrid data-driven framework for shale gas production performance analysis via game theory, machine learning, and optimization approaches. Petroleum Science, 20(1), 277–294. https://doi.org/10.1016/J.PETSCI.2022.09.003

Munagala, V., Thudumu, S., Logothetis, I., Bhandari, S., Vasa, R., & Mouzakis, K. (2024). A comprehensive survey on machine learning applications for drilling and blasting in surface mining. Machine Learning with Applications, 15, 100517. https://doi.org/10.1016/J.MLWA.2023.100517

Nufus, H., Muhandaz, R., Hasanuddin, Nurdin, E., Ariawan, R., Fineldi, R. J., Hayati, I. R., & Situmorang, D. D. B. (2024). Analyzing the students' mathematical creative thinking ability in terms of self-regulated learning: How do we find what we are looking for? Heliyon, 10(3). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24871

Núñez Castellar, E., Looy, J., Szmalec, A., & Marez, L. (2014). Improving arithmetic skills through gameplay: Assessment of the effectiveness of an educational game in terms of cognitive and affective learning outcomes. Information Sciences, 264, 19–31. https://doi.org/10.1016/J.INS.2013.09.030

Nurun, Z., Im, N. ', & Mukhlis, M. (2024). Exploration of Students' Mathematical Communication Abilities. Jurnal Riset Pendidikan Matematika, 11(1), 41–52. https://doi.org/10.21831/JRPM.V11I1.66639

Osei, W., & Agyei, D. D. (2024). Analyses of algebra knowledge and difficulties among Ghanaian Junior High School learners: Insights from standard-based mathematics curriculum implementation. Social Sciences & Humanities Open, 10, 101019. https://doi.org/10.1016/J.SSAHO.2024.101019

Pilar, R.-A., Jorge, A., & Cristina, C. (2013). The Use of Current Mobile Learning Applications in EFL. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 103, 1189–1196. https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2013.10.446

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pratidiana, D., & Junaedi, A. (2022). Penggunaan Aplikasi Cymath Pada Pembelajaran Aljabar Untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa Kelas 11. MENDIDIK: Jurnal Kajian Pendidikan Dan Pengajaran, 8(1), 167–174. https://doi.org/10.30653/003.202281.229

Pratiwi, R. I. M, & Wiarta, I. W. (2021). Pengembangan Multimedia Interaktif Berbasis Pendidikan Matematika Realistik Indonesia pada Pembelajaran Matematika Kelas II SD. Jurnal Edutech Undiksha, 9(1), 85–94. https://doi.org/10.23887/jeu.v9i1.32220

Pratiwi, Rianti Ika Maya, & Wiarta, I. W. (2021). Pengembangan Multimedia Interaktif Berbasis Pendidikan Matematika Realistik Indonesia pada Pembelajaran Matematika Kelas II SD. Jurnal Edutech Undiksha, 9(1), 85–94. https://doi.org/10.23887/jeu.v9i1.32220

Prikken, M., Konings, M. J., Lei, W. U., Begemann, M. J. H., & Sommer, I. E. C. (2019). The efficacy of computerized cognitive drill and practice training for patients with a schizophrenia-spectrum disorder: A meta-analysis. Schizophrenia Research, 204, 368–374. https://doi.org/10.1016/J.SCHRES.2018.07.034

Pujiastuti, H., Suvati, D. A., Haryadi, R., & Marethi, I. (2020). Development of mathmodule based on local wisdom and 21stcentury skills: Linear equation system. Journal of Physics: Conference Series, 1480(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1480/1/012052

Putri, zahwa syah, & Rakhmawati, F. (2018). Pengaruh Multimedia Macromedia Flash Terhadap Hasil Belajar Matematika Peserta Didik pada Materi Pokok Persegi Panjang dan Persegi Kelas VII Di Mts Al-Ulum Medan T.P. 2016/2017. Jurnal Pendidikan dan Matematika, 7, 71–82. https://doi.org/10.30821/axiom.v7i1.1776

Rahme, P. (2024). A bibliometric analysis on drilling of composite materials using a systematic approach. Heliyon, 10(17), 37282. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2024.E37282

Sari, N. R., Anggo, M., & Kodirun, K. (2019). Desain Pembelajaran Bilangan Melalui Permainan Sut-Sut Menggunakan Pendekatan PMRI Di Kelas III Sekolah Dasar. Jurnal Pendidikan Matematika, 9(1). https://doi.org/10.36709/jpm.v9i1.5758

Sari, R., Sulton, S., & Soepriyanto, Y. (2021). Pengembangan Multimedia Drill and Practice untuk Meningkatkan Kemampuan Vocabulary Bahasa Jepang. JKTP: Jurnal Kajian Teknologi Pendidikan, 4(1), 1–12. https://doi.org/10.17977/um038v4i12021p001

Shurygin, V., Anisimova, T., Orazbekova, R., & Pronkin, N. (2024). Modern approaches to teaching future teachers of mathematics: the use of mobile applications and their impact on students' motivation and academic success in the context of STEM education. Interactive Learning Environments, 32(6), 2884–2898. https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2162548

Simamora, R., Purba, Y. O., & Simamora, A. (2024). Teacher Creativity in the Use of Educational Games in Distance Mathematics Learning for Junior High School Students. Jurnal Riset Pendidikan Matematika, 11(1), 53–63. https://doi.org/10.21831/JRPM.V11I1.71886

Sugiono. (2019). Metode Penelitian Pendidikan.

Suryati, L., Ambiyar, & Jalinus, N. (2023). Evaluation of the Implementation of the Independent Curriculum with a Technology-based Learning Model. Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan, 7(3), 438–447. https://doi.org/10.23887/JPPP.V7I3.66635

Tengberg, M., Skar, G. B., & Huebner, A. (2024). The impact of observable and perceived features of instruction on student achievement. Teaching and Teacher Education, 139. https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104457

Utari, K., Sit, M., & Rakhmawati, F. (2023). Modul Digital Matematika Materi Aritmatika Sosial Berbasis Drill and Practice. Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika, 7(3), 2475–2486. https://doi.org/10.31004/cendekia.v7i3.2382

Wilkie, K. J. (2024). Creative thinking for learning algebra: Year 10 students' problem solving and problem posing with quadratic figural patterns. Thinking Skills and Creativity, 52, 101550. https://doi.org/10.1016/J.TSC.2024.101550

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Analisis Kecanduan Game Online dengan Model SEIPTR

Satria Juan Carli [1*], & Lasker P. Sinaga [2]
[1,2]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author: satriajuancarli10siahaan@gmail.com*

Abstrak, Kecanduan game online telah menjadi isu yang berdampak signifikan pada berbagai aspek kehidupan sosial dan kesehatan mental individu. Penelitian ini mengembangkan model sebelumnya untuk mempelajari dinamika kecanduan game online melalui penambahan dua parameter baru, yaitu ξ_3 dan θ. Parameter ξ_3 merepresentasikan tingkat tambahan transisi dari populasi *Exposed* menuju *Recovered*, yang mencerminkan pengaruh lingkungan atau faktor eksternal yang mempercepat keterpaparan menjadi kecanduan. Parameter θ mewakili tingkat pemulihan dari *Recovered* menuju *Susceptible*, menggambarkan kemungkinan individu yang telah pulih untuk kembali rentan terhadap kecanduan game online. Pemodelan dilakukan dengan sistem persamaan diferensial yang dibangun berdasarkan kompartemen *Susceptible*, *Exposed*, *Infected*, *Profesional*, Under *Treatment*, dan *Recovered*. Untuk mengevaluasi perilaku sistem dalam kondisi tertentu, simulasi numerik diterapkan menggunakan metode Runge-Kutta orde 4, yang memungkinkan analisis nilai parameter dalam kondisi keseimbangan epidemiologis, yaitu ketika $R_0 < 1$ dan $R_0 > 1$. Hasil simulasi menunjukkan pengaruh signifikan dari parameter ξ_3 dan θ terhadap dinamika populasi di setiap kompartemen, nilai yang lebih tinggi pada parameter ξ_3 dan θ menyebabkan peningkatan pada kompartemen T dan R menjadi lebih lambat, sedangkan kompartemen S terus menurun seiring dengan banyaknya individu yang berpindah ke kompartemen lainnya.
Kata kunci: Pemodelan Matematika; Runge-kutta orde 4; Kecanduan game online

Abstract, *Online gaming addiction has become an issue that significantly impacts various aspects of social life and individual mental health. This research develops a previous model to study the dynamics of online gaming addiction by adding two new parameters, ξ_3 and θ. The parameter ξ_3 represents an additional transition rate from the Exposed population to the Recovered population, reflecting the influence of environmental or external factors that accelerate the transition from exposure to addiction. The parameter θ represents the recovery rate from the Recovered to the Susceptible population, illustrating the possibility of individuals who have recovered becoming susceptible to online gaming addiction again. The modeling is conducted through a system of differential equations based on the compartments of Susceptible, Exposed, Infected, Professional, Under Treatment, and Recovered. To evaluate the system's behavior under specific conditions, numerical simulations are applied using the fourth-order Runge-Kutta method, allowing for parameter value analysis in epidemiological equilibrium conditions, namely when $R_0 < 1$ and $R_0 > 1$. The simulation results show the significant impact of the $\xi_3$and θ parameters on the population dynamics within each compartment, with higher values of $\xi_3$and θ causing slower increases in the T and R compartments, while the S compartment continues to decrease as more individuals transition to other compartments.*
Keywords*: Mathematical Modeling; Fourth-Order Runge-Kutta; Online Gaming Addiction*

Citation : Carli, S. G., & Sinaga, L. P. (2024). Analisis Kecanduan Game Online dengan Model. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 515 – 526

PENDAHULUAN

Matematika memiliki peran penting dalam kemajuan ilmu pengetahuan lainnya. Konsep dan prinsip matematika diterapkan dalam kegiatan sehari-hari seperti menghitung dan mengukur. Selain itu, matematika sangat penting untuk menyelesaikan masalah di bidang fisika, kimia, biologi,

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

teknik, kesehatan, dan berbagai masalah masyarakat. Fenomena saat ini sangat terkait dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, yang telah mempermudah aktivitas manusia, terutama melalui perkembangan internet.

Kemajuan teknologi, terutama internet, telah memberikan manfaat besar dalam kehidupan sehari-hari. Internet kini tidak hanya membantu pekerjaan dan pendidikan, tetapi juga menawarkan hiburan seperti media sosial dan permainan. Dulu, permainan hanya bisa dimainkan di komputer yang terhubung kabel, namun sekarang bisa dimainkan kapan saja dan di mana saja melalui ponsel, laptop, atau komputer. Konektivitas global memungkinkan pemain terhubung tanpa jarak. Namun, bermain game online secara berlebihan dapat menyebabkan kecanduan, yang memengaruhi kesehatan mental, tidur, dan fisik. Internet Gaming Disorder (IGD) adalah kondisi yang ditandai dengan penggunaan game yang berlebihan dan terus-menerus, mengganggu kehidupan sehari-hari, dan termasuk dalam DSM-5 sebagai diagnosis potensial. WHO mengklasifikasikan IGD sebagai gangguan yang nyata, dengan gejala seperti keasyikan berlebihan, penarikan diri saat berhenti bermain, dan penggunaan terus-menerus meskipun ada konsekuensi negatif (Tejeiro R, 2016; Li & Guo, 2019). Kasus serius terkait kecanduan game juga telah terjadi di berbagai negara. Di Amerika Serikat, seorang ayah meninggal setelah bermain game online selama 22 jam tanpa henti, dan di Cina, seorang pria berusia 20 tahun meninggal setelah bermain King of Glory selama lima bulan setiap hari. Insiden serupa juga terjadi di Indonesia. Selain itu, kecanduan game juga memicu tindak kriminal, seperti pencurian uang dan barang untuk membayar sewa alat game online. Mengingat dampak negatif yang signifikan, penting untuk memahami dinamika kecanduan game online, yang dapat dianalisis melalui model matematika untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhinya.

Masalah kecanduan game online telah menjadi fokus penelitian di berbagai disiplin ilmu, termasuk bidang sosial dan matematika. Peneliti sosial seperti Eryzal Novriady (2019) meneliti dampak kecanduan game online pada remaja, sementara Utami dan kolega (2020) mengkaji pengaruhnya terhadap kemampuan penyesuaian sosial remaja. Di bidang matematika, penelitian mengenai kecanduan telah dilakukan untuk berbagai jenis kecanduan, seperti rokok, narkoba, dan alkohol. Contohnya, Mochamad Abrori (2016) memodelkan jumlah alkohol dalam tubuh, dan Side et al. (2020) meneliti kecanduan media sosial menggunakan model matematika SIR. Peneliti seperti Li dan Guo (2019) memodelkan kecanduan game online dengan empat kompartemen *(Susceptible, Infective, Professional, Quitting*), lalu mengembangkannya pada 2021 menjadi enam kompartemen. Hiromi Seno (2021) memodelkan dengan tiga kompartemen *(Moderate, Addictive, Recovery/UnderTreatment)*, sementara Arif dan kolega (2021) menggunakan empat kompartemen dengan kemungkinan individu yang sembuh kembali menjadi rentan.

Berdasarkan kajian literatur dan penelitian-penelitian sebelumnya, peneliti melakukan modifikasi dari model yang dikembangkan oleh Li & Guo (2021), karena pesatnya perkembangan game online memerlukan model yang lebih optimal untuk menggambarkan dinamika kecanduan dengan lebih akurat. Individu yang terpapar (ekspos) *game online* dapat langsung sembuh karena mereka mungkin belum mengalami ketergantungan yang signifikan, paparan awal ini mungkin hanya memicu rasa penasaran tanpa mempengaruhi perilaku mereka secara mendalam. Dalam tahap ini, individu masih memiliki kendali terhadap intensitas bermainnya dan bisa memutuskan untuk berhenti sebelum kecanduan terbentuk. Sebaliknya, individu yang sudah sembuh dari kecanduan dapat kembali rentan karena kecanduan *game online*, seperti bentuk kecanduan lainnya, dapat meninggalkan jejak psikologis yang membuat mereka mudah kembali bermain ketika dihadapkan dengan pemicu tertentu, seperti tekanan emosional, waktu luang berlebih, atau akses mudah ke permainan. Situasi ini menciptakan risiko bahwa individu yang pernah kecanduan akan kembali bermain secara berlebihan, karena mereka memiliki riwayat ketergantungan yang membuat mereka lebih mudah jatuh kembali ke kebiasaan tersebut. (Arif, 2021).

Berdasarkan pernyataan Arif (2021) model $SEIPQ_1Q_2$ dikembangkan. Dalam penelitian ini digunakan model 6 kompartemen SEIPTR *(Susceptible, Exposed, Infected, Professional,*

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Recovered). Model SEIPTR ini merupakan modifikasi model matematika pada penelitian Tingting Li & Youing Guo (2019) dengan perubahan pada kompartemen *Incompletely Recovered* diganti menjadi kompartemen *Under Treatment(T)*. Kompartemen *Completely Recovered* dapat kembali ke kompartemen *Susceptible*. Laju perpindahan dari kompartemen *Completely Recovered* ke *Susceptible* (δ_1) dan Laju perpindahan dari kompartemen *Completely Recovered* ke *Susceptible* (ξ_3) diasumsikan diantara 0 dan 1 untuk memahami bagaimana perubahan parameter mempengaruhi hasil model.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode pemodelan matematika berbasis sistem persamaan diferensial untuk menganalisis dinamika kecanduan game online dalam populasi. Pendekatan ini bertujuan memecahkan permasalahan kecanduan dengan mengevaluasi perubahan populasi dalam kompartemen *Susceptible, Exposed, Infected, Professional, Under Treatment*, dan *Recovered*. Model dikembangkan melalui penambahan dua parameter baru, yaitu ξ_3, yang merepresentasikan tingkat tambahan transisi dari *Exposed* ke *Recovered*, dan θ, yang menggambarkan tingkat pemulihan dari *Recovered* ke *Susceptible*. Untuk memahami perilaku sistem, pencarian titik-titik keseimbangan dilakukan dengan menganalisis kondisi epidemiologis, yaitu ketika nilai basic reproduction number R_0 berada di bawah atau di atas 1. Jika $R_0 < 1$, sistem akan menuju titik kesetimbangan bebas kecanduan, di mana jumlah individu dalam kompartemen kecanduan *(Infected dan Under Treatment)* akan menurun menuju nol. Sebaliknya, jika $R_0 > 1$, sistem akan mencapai titik kesetimbangan endemik, di mana sebagian populasi tetap berada dalam kompartemen kecanduan. Titik-titik keseimbangan ini diperoleh dengan menyusun persamaan pada kondisi stabil, yaitu ketika perubahan populasi dalam setiap kompartemen bernilai nol. Analisis ini membantu dalam memahami distribusi populasi jangka panjang dalam kondisi stabil.

Untuk menyelesaikan sistem persamaan diferensial ini, digunakan metode numerik Runge-Kutta orde 4. Metode ini dipilih karena ketepatan dan kestabilannya dalam memecahkan persamaan diferensial non-linear, serta kemampuannya dalam menghasilkan simulasi yang akurat. Dalam pelaksanaan simulasi, kondisi awal untuk setiap kompartemen ditentukan, dan iterasi komputasi dilakukan pada setiap langkah waktu tertentu dengan variasi parameter ξ_3 dan θ. Variasi ini memungkinkan analisis pengaruh nilai parameter terhadap perubahan populasi di setiap kompartemen. Proses simulasi dilanjutkan hingga sistem mencapai kondisi stabil atau waktu simulasi berakhir, dengan hasil yang kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh parameter terhadap dinamika populasi dalam kompartemen-kompartemen tersebut. Simulasi menggunakan perangkat lunak MATLAB(MathWorks). MATLAB dipilih karena menyediakan fungsi yang mendukung pemecahan persamaan diferensial dan visualisasi grafik hasil simulasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian yang dilakukan oleh Linting Guo dan Youming (2021) mengenai model penyebaran kecanduan game online, total populasi $N(t)$ dibagi menjadi enam subpopulasi, yaitu S, E, I, P, Q_1 dan Q_2. Dalam model ini, total populasi $N(t)$ dianggap konstan sepanjang waktu, yang menunjukkan bahwa tidak ada pertumbuhan atau penurunan populasi secara keseluruhan selama periode analisis. Pemodelan tersebut bertujuan untuk memahami dinamika penyebaran kecanduan game online dalam masyarakat dengan mempertimbangkan peran masing-masing subpopulasi dalam penyebaran kecanduan. Individu rentan (S) dapat berubah menjadi exposed (E) dapat dipengaruhi oleh lingkungan, status sosial dan juga psikologis. Misalnya seseorang yang rentan terhadap kesepian atau stres mungkin lebih rentan terhadap penggunaan berlebihan *game online* sebagai pelarian atau cara mengatasi tekanan. Individu terpapar (E) menjadi kecanduan *game online* dapat melalui berbagai cara, seperti teman yang memperkenalkan, iklan yang menarik perhatian, ketertarikan mencoba *game*, membentuk tim dengan teman sekitar dan lainnya. Penggunaan yang berlebihan, dorongan untuk terus bermain dan perasaan ketergantungan dapat menyebabkan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

seseorang menjadi kecanduan. Dengan pesatnya perkembangan e-sports, jenis *e-sports* pun semakin banyak kompetisi, banyak perguruan tinggi dan universitas yang membuka jurusan e-sports, dan masih banyak lagi *gamer* memilih untuk menjadi *gamer* profesional atau terlibat dalam karir yang berhubungan dengan *game*, misalnya seperti: desainer *game*, komentator *game*, tuan rumah turnamen *e-sports*, dll (Li & Guo, 2019).

Kemajuan teknologi dan perkembangan industri *game online* membuat dinamika penyebaran kecanduan *game online* juga berubah. Berkembangnya *game online* membuat pendekatan mengenai dinamika penyebaran kecanduan *game online* juga perlu disesuaikan agar sesuai dengan kenyataan sebenarnya. Pada penelitian ini, penulis melakukan modifikasi pada model penyebaran kecanduan game online yang didasarkan pada model yang diusulkan oleh Linting Guo dan Youming (2021), dengan menambahkan laju paramater (ξ_3) terpapar (*ekspose*) langsung menuju ke subpopulasi sembuh (*Recovered*), dan laju perpindahan dari sembuh (*Recovered)* kembali menjadi rentan (θ).

Dalam penelitian Yohanes (2022) dan Arif (2021) mengenai kecanduan game online, ditemukan bahwa individu yang berada dalam kategori terpapar (*ekspose*) dapat langsung pulih tanpa mengalami fase kecanduan atau menjadi individu yang terinfeksi. Hal ini menunjukkan bahwa pada beberapa kasus, paparan terhadap game online tidak selalu menyebabkan kecanduan yang berkelanjutan. Sebaliknya, ada kemungkinan bahwa individu tersebut dapat pulih dengan cepat dan tidak masuk ke dalam kategori adiksi yang lebih dalam. Temuan ini relevan dalam memahami variasi respons terhadap paparan *game online* di masyarakat. Ini juga menjadi pertimbangan penting dalam pengembangan model epidemiologi kecanduan *game online*. Skenario ini dapat dimasukan ke dalam model dengan menambahkan parameter yang memungkinkan transisi langsung dari *ekspose* ke pemulihan tanpa melalui fase kecanduan.

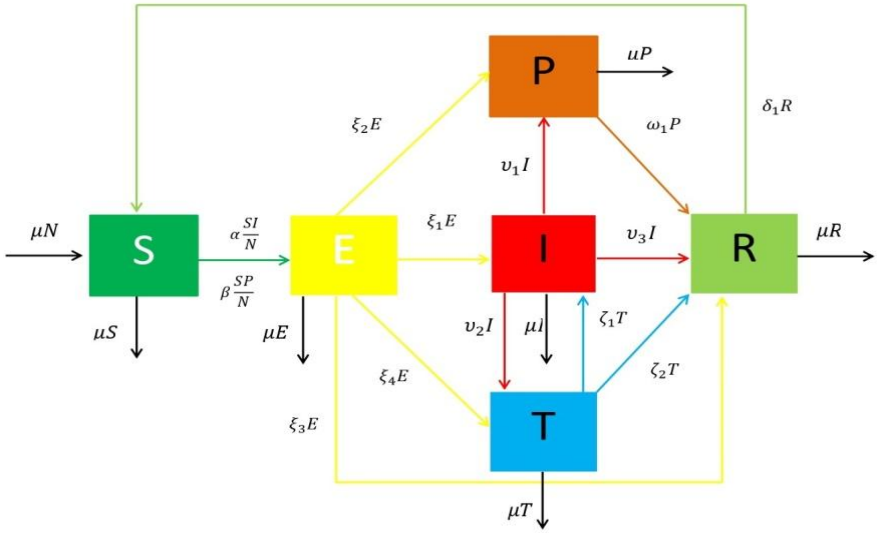
Pada penelitian Arif (2021) juga menjelaskan individu yang telah sembuh dapat rentan kembali bermain *game online* karena penyebaran *game online* yang semakin pesat di era modern saat ini. Orang yang telah sembuh dari kecanduan game online dapat kembali menjadi rentan karena beberapa alasan utama. Desain adiktif *game online* memainkan peran penting, banyak *game* dirancang untuk mempertahankan ketertarikan pemain melalui mekanisme penguatan, seperti hadiah berjangka, pencapaian, dan interaksi sosial dalam *game*. Hal ini menciptakan daya tarik yang kuat, bahkan bagi individu yang telah pulih. Pengaruh lingkungan sosial juga berkontribusi secara signifikan, di mana keberadaan teman atau komunitas yang aktif bermain game dapat mendorong mantan pecandu untuk kembali mencoba, apalagi jika ada tekanan sosial untuk bergabung. Selain itu, faktor psikologis pribadi, seperti stres, kecemasan, atau kebosanan, dapat membuat individu lebih rentan untuk menggunakan *game* sebagai pelarian atau mekanisme *coping*. Keterbatasan dalam dukungan berkelanjutan pasca pemulihan, seperti konseling atau program pendampingan, membuat individu yang telah sembuh lebih berisiko untuk mengalami *relapse* karena tidak memiliki sistem penyangga yang kuat dalam menjaga ketahanan terhadap dorongan untuk bermain kembali (Sapto,2021).

Berdasarkan kajian pustaka yang relevan, penulis menerapkan model dinamika epidemiologi untuk mensimulasikan proses penyebaran kecanduan game online dengan memperhatikan karakteristik yang melekat pada aktivitas tersebut. Pendefinisian kompartemen *susceptible* (S), *exposed* (E), *infected* (I), dan *professional* (P) disusun mengikuti kerangka model yang diusulkan oleh Linting Li dan Youming (2021), sementara karakteristik kompartemen *under treatment* (T) merujuk pada penelitian Yohanes (2022) yang sebelumnya adalah Q_1 pada penelitian Linting Li dan Youming (2021). Adapun untuk kompartemen *recovered* (R) yang sebelumnya adalah Q_2 pada penelitian Linting Li dan Youming (2021), pendekatan diadaptasi berdasarkan hasil studi dari Arif (2021). Model ini diharapkan mampu menggambarkan dinamika kecanduan game online secara realistis dengan memperhatikan sumber rujukan yang relevan.

Dalam penelitian ini, populasi yang terlibat dalam kecanduan game online dikelompokkan ke dalam enam kompartemen untuk menganalisis dinamika penyebarannya secara lebih terperinci.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Populasi dibagi menjadi enam kompartemen, yaitu rentan (S), *ekspose*(E) ,*infection* (I), *under treatment*(T), *profesional* (P) dan *recovered (*R*)*.Jadi, jumlah populasi dengan persamaan $N(t) = S(t) + E(t) + I(t) + P(t) + T(t) + R(t)$. dimana $S(t)$: Kelompok ini mencakup orang-orang yang tidak mengenal game online atau hanya mengetahui keberadaan game tersebut tanpa bermain. Mereka berisiko mengalami kecanduan game online (Li Y. G., 2021). $E(t)$: Mengacu pada orang-orang yang terpapar game online secara terbatas atau jarang (kurang dari 3 jam per hari). Orang-orang dalam kategori ini bisa sembuh tanpa mengalami kecanduan (Li Y. G., 2021). $I(t)$: Merupakan individu yang kecanduan game, dengan waktu bermain minimal 30 jam per minggu (setidaknya 4 hingga 5 jam per hari) (Li Y. G., 2021).$P(t)$: Termasuk profesional yang bekerja di industri game atau terlibat dalam e-sports (Li Y. G., 2021). $T(t)$: Individu yang sedang berusaha berhenti bermain game online melalui kontrol diri, pengawasan orang tua, atau yang telah menerima edukasi tentang game online (Yohanes, 2022). $R(t)$: Mencakup individu yang telah berhenti bermain game online karena berbagai alasan. Mereka mungkin masih berisiko untuk kembali bermain game karena penyebaran game online yang pesat di era modern ini (Arif, 2021).



Gambar 1. Diagram Transfer Penyebaran Kecanduan Game Online Model SEIPTR

Domain fungsi untuk sistem ini memastikan bahwa setiap kompartemen memiliki jumlah populasi yang tidak negatif, dan bahwa jumlah total populasi N adalah tetap. Jadi, untuk setiap kompartemen, nilai-nilai harus memenuhi syarat-syarat berikut:

$$D = \{(S,E,I,P,T,R) : S \geq 0, E \geq 0, I \geq 0, P \geq 0, T \geq 0, R \geq 0, S+E+I+P+T+R = N\}$$

Ini berarti bahwa jumlah populasi dalam setiap kompartemen harus non-negatif, dan total populasi tetap N selalu terbagi di antara kompartemen-kompartemen ini. Dengan kata lain N tidak berubah seiring waktu. Berikut adalah model matematika modifikasi penyebaran kecanduan game online dengan model SEIPTR:

$$\frac{dS}{dt} = \mu N(t) + \theta R - \mu S(t) - S(t)\frac{\alpha I(t) + \beta P(t)}{N(t)},$$
$$\frac{dE}{dt} = S(t)\frac{\alpha I(t) + \beta P(t)}{N(t)} - (\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \mu)E(t),$$
$$\frac{dI}{dt} = \xi_1 E(t) + \delta_1 T(t) - (v_1 + v_2 + v_3 + \mu)I(t),$$
$$\frac{dP}{dt} = \xi_2 E(t) + v_1 I(t) - (\omega_1 + \omega_2 + \mu)P(t),$$
$$\frac{dT}{dt} = v_2 I(t) + \omega_1 P(t) - (\delta_1 + \delta_2 + \mu)T(t),$$
$$\frac{dR}{dt} = v_3 I(t) + \omega_2 P(t) + \delta_2 T(t) - (\mu + \theta)R$$

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Misalkan $k_1 = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \mu$, $k_2 = \nu_1 + \nu_2 + \nu_3 + \mu$, $k_3 = \omega_1 + \omega_2 + \mu$
$k_4 = \delta_1 + \delta_2 + \mu$ dan $k_5 = \mu + \theta$

Analisis titik kesetimbangan pada sistem persamaan diferensial digunakan untuk menentukan suatu solusi yang tidak berubah terhadap waktu (solusi konstan). Titik kesetimbangan persamaan (4.2) dapat dicari dengan membuat sistem tersebut dalam kondisi konstan terhadap waktu. Hal ini dapat dicapai jika memenuhi:

$$\frac{dS}{dt} = 0, \frac{dE}{dt} = 0, \frac{dI}{dt} = 0, \frac{dP}{dt} = 0, \frac{dT}{dt} = 0, \frac{dR}{dt} = 0 \quad (1)$$

Dengan menyelesaikan persamaan secara simultan, maka akan diperoleh dua titik kesetimbangan, yaitu titik kesetimbangan bebas kecanduan A_0 dan titik kesetimbangan tidak bebas kecanduan A_1.

Titik kesetimbangan bebas kecanduan game online adalah keadaan dalam model epidemiologi di mana tidak ada individu yang terinfeksi dalam populasi. Pada titik ini, jumlah individu yang terinfeksi adalah nol, dan hanya terdapat individu yang rentan, dan pulih. Dengan kata lain kondisi bebas kecanduan game online ditunjukan dengan tidak ada sub populasi terinfeksi $I = 0, E = 0, P = 0, T = 0$.

Diperoleh titik kesetimbangan bebas kecanduan game online model SEIPTR adalah sebagai berikut: $A_0 = (S_0, E_0, I_0, P_0, T_0, R_0) = (N,0,0,0,0,0)$. Titik kesetimbangan pada kondisi tidak bebas kecanduan game online merupakan kondisi ketika terdapat individu yang kecanduan game online pada suatu populasi tertentu dengan kata lain $I \neq 0$. Maka untuk titik kesetimbangan tidak bebas kecanduan game online dapat diperhatikan sebagai berikut:

$$S^* = \frac{Nk_1(\delta_1 k_3 \nu_2 + k_2 k_3 k_4 - \delta_1 \omega_1 \nu_1)}{\alpha\delta_1\omega_1\xi_2 + \alpha k_3 k_4 \xi_1 + \beta k_2 k_4 \xi_2 - \beta\delta_1\nu_2\xi_2 + \beta k_4 \nu_1 \xi_1}$$

$$E^* = \frac{\begin{matrix} N\mu(\mu+\theta)(\delta_1 k_3 \nu_2 - k_2 k_3 k_4 + \delta_1 \omega_1 \nu_1)(\alpha\delta_1\omega_1\xi_2 - k_1 k_2 k_3 k_4 + \alpha k_3 k_4 \xi_1 + \delta_1 k_1 k_3 \nu_2 \\ + \beta k_2 k_4 \xi_2 + \delta_1 k_1 \omega_1 \nu_1 - \beta k_4 \nu_1 \xi_1) \end{matrix}}{\begin{matrix} \alpha\delta_1\omega_1\xi_2 + \alpha k_3 k_4 \xi_1 + \beta k_2 k_4 \xi_2 - \beta\delta_1\nu_2\xi_2 + \beta k_4 \nu_1 \xi)(\delta_1 k_1 k_3 \mu\nu_2 - k_1 k_2 k_3 k_4 \mu \\ - k_1 k_2 k_3 k_4 \theta + \delta_1 k_1 \mu\omega_1\nu_1 + \delta_1 k_1 k_3 \theta\nu_2 + \delta_1 k_1 \omega_1 \theta\nu_1 + \delta_2 k_2 \omega_1 \theta\xi_2 + \delta_2 k_3 \theta\nu_2\xi_1 \\ + k_2 k_4 \omega_2 \theta\xi_2 + \delta_2 \omega_1 \theta\nu_1\xi_1 + \delta_1\omega_1\theta\nu_3\xi_2 + k_3 k_4 \theta\nu_3\xi + k_4\omega_2\theta\nu_1\xi_1 \end{matrix}}$$

$$I^* = \frac{N\mu(\mu-\theta)(\delta_1\omega_1\xi_2 - k_3 k_4 \xi_1)\begin{pmatrix} \alpha\delta_1\omega_1\xi_2 + k_1 k_2 k_3 k_4 - \alpha k_3 k_4 \xi_1 - \delta_1 k_1 k_3 \nu_2 \\ - \beta k_2 k_4 \xi_2 + \delta_1 k_1 \omega_1 \nu_1 + \beta\delta_1\nu_2\xi_2 - \beta k_4 \nu_1 \xi \end{pmatrix}}{\begin{pmatrix} \alpha\delta_1\omega_1\xi_2 + \alpha k_3 k_4 \xi_1 + \beta k_2 k_4 \xi_2 \\ - \beta\delta_1\nu_2\delta_2 + \beta k_4 \nu_1 \xi_1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \delta_1 k_1 k_3 \mu\nu_2 - k_1 k_2 k_3 k_4 \mu - k_1 k_2 k_3 k_4 \theta + \delta_1 k_1 \mu\omega_1\nu_1 \\ + \delta_1 k_1 \mu\omega_1\nu_1 + \delta_1 k_1 \omega_1 \theta\nu_1 + \delta_2 k_2 \omega_1 \theta\xi_2 + \delta_2 k_3 \theta\nu_2\xi_1 \\ + k_2 k_4 \omega_2 \theta\xi_2 + \delta_2 \omega_1 \theta\nu_1\xi_1 + \delta_1\omega_1\theta\nu_3\xi_2 - \delta_1\omega_2\theta\nu_2\xi_2 \\ + k_3 k_4 \theta\nu_3\xi_1 + k_4\omega_2\theta\nu_1\xi_1 \end{pmatrix}}$$

$$P^* = \frac{N\mu(\mu-\theta)(k_2 k_4 \xi_2 + \delta_1\nu_2\xi_2 - k_4\nu_1\xi_1)\begin{pmatrix} \alpha\delta_1\omega_1\xi_2 + k_1 k_2 k_3 k_4 - \alpha k_3 k_4 \xi_1 - \delta_1 k_1 k_3 \nu_2 \\ - \beta k_2 k_4 \xi_2 - \delta_1 k_1 \omega_1 \nu_1 + \beta\delta_1\nu_2\xi_2 - \beta k_4 \nu_1 \xi_1 \end{pmatrix}}{\begin{pmatrix} \alpha\delta_1\omega_1\xi_2 + \alpha k_3 k_4 \xi_1 + \beta k_2 k_4 \xi_2 \\ - \beta\delta_1\nu_2\xi_2 + \beta k_4 \nu_1 \xi_1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \delta_1 k_1 k_3 \mu\nu_2 - k_1 k_2 k_3 k_4 \mu - k_1 k_2 k_3 k_4 \theta + \delta_1 k_1 \mu\omega_1\nu_1 \\ + \delta_1 k_1 k_3 \omega_1 \theta\nu_2 + \delta_1 k_1 \omega_1 \theta\nu_1 + \delta_2 k_2 \omega_1 \theta\xi_2 + \delta_2 k_3 \theta\nu_2\xi_1 \\ + k_2 k_4 \omega_2 \theta\xi_2 + \delta_2 \omega_1 \theta\nu_1\xi_1 + \delta_1\omega_1\theta\nu_3\xi_2 - + k_3 k_4 \theta\nu_3\xi_1 \\ + k_4\omega_2\theta\nu_1\xi_1 \end{pmatrix}}$$

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

$$T = \frac{\begin{matrix} N\mu(\mu-\theta)(k_2\omega_1\xi_2 - k_3\nu_2\xi_1 - \omega_1\nu_1\xi_1)(\alpha\delta_1\omega_1\xi_2 + k_1k_2k_3k_4 - \alpha k_3k_4\xi_1 - \delta_1k_1k_3\nu_2 \\ + \beta k_2k_4\xi_2 + \delta_1k_1\omega_1\nu_1 - \beta\delta_1\nu_2\xi_2 + \beta k_4\nu_1\xi_1) \end{matrix}}{\begin{matrix} (\alpha\delta_1\omega_1\xi_2 + \alpha k_3k_4\xi_1 + \beta k_2k_4\xi_2 - \beta\delta_1\nu_2\xi_2 + \beta k_4\nu_1\xi_1)(\delta_1k_1k_3\mu\nu_2 - k_1k_2k_3k_4\mu - k_1k_2k_3k_4\theta \\ + \delta_1k_1\mu\omega_1\nu_1 + \delta_1k_1k_3\theta\nu_2 + \delta_1k_1\omega_1\theta\nu_1 + \delta_2k_2\omega_1\theta\xi_2 + \delta_2k_3\theta\nu_2\xi_1 + k_2k_4\omega_2\theta\xi_2 + \delta_2\omega_1\theta\nu_1\xi_1 + \\ \delta_1\omega_1\theta\nu_3\xi_2 - \delta_1\omega_2\theta\nu_2\xi_2 + k_3k_4\theta\nu_3\xi_1 + k_4\omega_2\theta\nu_1\xi_1) \end{matrix}}$$

$$R = \frac{\begin{matrix} N\mu(\delta_2k_2\omega_1\xi_2 - \delta_2k_3\nu_2\xi_1 - k_2k_4\omega_2\xi_2 - \delta_2\omega_1\nu_1\xi_1 - \delta_1\omega_1\nu_3\xi_2 + \delta_1\omega_2\nu_2\xi_2 - k_3k_4\nu_3\xi_1 - k_4\omega_2\nu_1\xi) \\ (\alpha\delta_1\omega_1\xi_2 + k_1k_2k_3k_4 - \alpha k_3k_4\xi_1 - \delta_1k_1k_3\nu_2a - \beta k_2k_4\xi_2 - \delta_1k_1\omega_1\nu_1 + \beta\delta_1\nu_2\xi_2 - \beta k_4\nu_1\xi_1) \end{matrix}}{\begin{pmatrix} \alpha\delta_1\omega_1\xi_2 + \alpha k_3k_4\xi_1 + \beta k_2k_4\xi_2 \\ -\beta k_4\nu_1\xi_1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \delta k_1k_3\mu\nu_2 - k_1k_2k_3k_4\mu - k_1k_2k_3k_4\theta + \delta_1k_1\mu\omega_1\nu_1 + \delta_1k_1k_3\theta\nu_2 + \\ \delta_1k_1\omega_1\theta\nu_1 + \delta_2k_2\omega_1\theta\xi_2 + \delta_2k_3\theta\nu_2\xi_1 + k_2k_4\omega_2\theta\xi_2 + \delta_2\omega_1\theta\nu_1\xi_1 + \\ \delta_1\omega_1\theta\nu_3\xi_2 - \delta_1\omega_2\theta\nu_2\xi_2 + k_3k_4\theta\nu_3\xi_1 + k_4\omega_2\theta\nu_1\xi_1 \end{pmatrix}}$$

Bilangan reproduksi dasar *(Basic Reproduction Number)* adalah nilai harapan banyaknya infeksi tiap satuan waktu yang terjadi pada satu individu terinfeksi dalam populasi rentan. Untuk menentukan *Basic Reproduction Number* pada model kecanduan game online SEIPTR, digunakan metode *Next Generation Matrix*. Untuk membentuk *Next Generation Matriks* bagi model epidemiologi yang melibatkan sub populasi terinfeksi (E, I, P, T), terlebih dahulu diidentifikasi sub populasi-sub populasi ini dan menuliskan ulang persamaan diferensialnya dalam bentuk *Next Generation Matriks.* Sistem persamaan diferensial yang berkaitan dengan sub populasi terinfeksi: $E'(t) = S\frac{\alpha I+\beta P}{N} - (\xi_1+\xi_2+\xi_3+\mu)E, I'(t) = \xi_1E + \delta_1T - (v_1+v_2+v_3+\mu)I, P'(t) = \xi_2E + v_1I(t) - (\omega_1+\omega_2+\mu)P,$ dan $T'(t) = v_2I + \omega_1P - (\delta_1+\delta_2+\mu)T$. Dalam metode *Next Generation Matriks*, pisahkan persamaan diferensial menjadi dua bagian, satu bagian untuk infeksi baru (F) dan satu bagian untuk transisi dan penghilangan individu terinfeksi (V). Matriks Jacobian F dan persamaan karakteristik dari matriks K diperoleh dari $K - \lambda I$ sebagai berikut

$$F = \begin{bmatrix} \frac{\alpha I+\beta P}{N}S \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, V = \begin{bmatrix} k1E \\ -\xi_1E + k_2I \\ -\xi_2E + k_3P \\ -v_2I - \omega_1P + k_4T \end{bmatrix}, K = \begin{bmatrix} \frac{\alpha\xi_1}{k_1k_2} + \frac{\beta\xi_2}{k_1k_3} & \frac{\alpha}{k_2} & \frac{\beta}{k_3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Sedemikian sehingga

$$\det(K-\lambda I) = \det\begin{bmatrix} \frac{\alpha\xi_1}{k_1k_2} + \frac{\beta\xi_2}{k_1k_3} - \lambda & \frac{\alpha}{k_2} & \frac{\beta}{k_3} & 0 \\ 0 & -\lambda & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\lambda & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\lambda \end{bmatrix}$$

Dalam konteks dinamika penyakit, nilai R_0 ditentukan oleh nilai eigen terbesar dari Matriks Jacobian pada titik kesetimbangan bebas penyakit. Dari solusi yang diperoleh, nilai eigen persamaan (1) dan basic reproduction number (R_0) pada persamaan (2).

$$\lambda = \frac{\alpha\xi_1}{k_1k_2} + \frac{\beta\xi_2}{k_1k_3} \quad (1)$$

$$R_0 = \frac{\alpha\xi_1(\omega_1+\omega_2+\mu) + \beta\xi_2(v_1+v_2+v_3+\mu)}{(\xi_1+\xi_2+\xi_3+\mu)(v_1+v_2+v_3+\mu)(\omega_1+\omega_2+\mu)} \quad (2)$$

Dimana semua parameter adalah positif, karena pembilang adalah jumlah dari bilangan positif (karena setiap parameter adalah positif) dan penyebut adalah perkalian bilangan positif, maka baik pembilang maupun penyabutnya adalah positif. Hal ini menunjukan bahwa infeksi akan menyebar di populasi dan dapat menyebabkan wabah yang berkelanjutan. Dalam konteks ini, penyakit atau infeksi akan menjadi endemik jika tidak ada intervensi yang efektif. Sistem berada dalam keadaan endemik di mana infeksi tetap ada dalam populasai dengan tingkat penyebaran yang stabil atau meningkat.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Sistem non linear. Analisis kestabilan titik kesetimbangan ditentukan berdasarkan nilai eigen dari matriks Jacobian yang diperoleh melalui metode linearisasi sistem persamaan diferensial model penyebaran kecanduan *game online*. Linearisasi dilakukan dengan mengubah sistem persamaan nonlinear menjadi linear. Linearisasi menghasilkan Matriks Jacobian sebagai berikut:

$$J=\begin{bmatrix} \left(-\mu-\frac{\alpha I+\beta P}{N}\right) & 0 & \left(-\frac{\alpha S}{N}\right) & \left(-\frac{\beta S}{N}\right) & 0 & \theta \\ \left(\frac{\alpha I+\beta P}{N}\right) & -k_1 & \frac{\alpha S}{N} & \frac{\beta S}{N} & 0 & 0 \\ 0 & \xi_1 & -k_2 & 0 & \delta_1 & 0 \\ 0 & \xi_2 & \nu_1 & -k_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \nu_2 & \omega_1 & -k_4 & 0 \\ 0 & 0 & \nu_3 & \omega_2 & \delta_2 & -k_5 \end{bmatrix}$$

Substitusi titik kesetimbangan bebas kecanduan *game online*, yaitu$A_0=(S_0,E_0,I_0,P_0,T_0,R_0)=(N,0,0,0,0,0)$ pada matriks J, maka diperoleh Matriks Jacobian sebagai berikut:

$$J=\begin{bmatrix} -\lambda-\mu & 0 & -\alpha & -\beta & 0 & \theta \\ 0 & -k_1-\lambda & \alpha & \beta & 0 & 0 \\ 0 & \xi_1 & -k_2-\lambda & 0 & \delta_1 & 0 \\ 0 & \xi_2 & \nu_1 & -k_3-\lambda & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \nu_2 & \omega_1 & -k_4-\lambda & 0 \\ 0 & 0 & \nu_3 & \omega_2 & \delta_2 & -k_5-\lambda \end{bmatrix}$$

Maka di dapatkan persamaan karakteristik dari matriks Jacobian bebas kecanduan *game online* adalah sebagai berikut :

$$=(k_5+\lambda)(\lambda+\mu)\begin{pmatrix} \alpha\delta_1\omega_1\xi_2+\alpha k_3k_4\xi_1+\alpha k_3\lambda\xi_1+\alpha k_4\lambda\xi_1+\alpha\lambda^2\xi_1-\beta\delta_1\nu_2\xi_2+\beta k_2k_4\xi_2 \\ +\beta k_2\lambda\xi_2+\beta k_4\lambda\xi_2+\beta k_4\nu_1\xi_1+\beta\lambda^2\xi_2+\beta\lambda\nu_1\xi_1+\beta\lambda\nu_1\xi_1+\delta_1k_1k_3\nu_2+ \\ \delta_1k_1\lambda\nu_2+\delta_1k_1\omega_1\nu_1+\delta_1k_3\lambda\nu_2+\delta_1\lambda^2\nu_2+\delta_1\lambda\omega_1\nu_1-k_1k_2k_3k_4-k_1k_2k_3\lambda \\ -k_1k_2k_4\lambda-k_1k_2\lambda^2-k_1k_3k_4\lambda-k_1k_3\lambda^2-k_1k_4\lambda^2-k_1\lambda^3-k_2k_3k_4\lambda-k_2k_4\lambda^2 \\ -k_2\lambda^3-k_3k_4\lambda^2-k_3\lambda^3-k_4\lambda^3-\lambda^4 \end{pmatrix}$$

Untuk menentukan kestabilan titik kesetimbangan bebas kecanduan game online diperlukan nilai eigen dari persamaan karakteristik di atas bertanda sama dengan kata lain semua nilai eigen bernilai negatif atau semua nilai eigen bernilai positif. Dari persamaan karakteristik di atas didapatkan: $\lambda=-k_5$ dan $\lambda=-\mu$. Selanjutnya digunakan kriteria Routh-Hurwitz untuk memeriksa apakah nilai eigen dari persamaan berikut ini bernilai positif atau bernilai negatif:

$$\alpha\delta_1\omega_1\xi_2+\alpha k_3k_4\xi_1+\alpha k_3\lambda\xi_1+\alpha k_4\lambda\xi_1+\alpha\lambda^2\xi_1-\beta\delta_1\nu_2\xi_2+\beta k_2k_4\xi_2+\beta k_2\lambda\xi_2+\beta k_4\lambda\xi_2$$
$$+\beta k_4\nu_1\xi_1+\beta\lambda^2\xi_2+\beta\lambda\nu_1\xi_1+\beta\lambda\nu_1\xi_1+\delta_1k_1k_3\nu_2+\delta_1k_1\lambda\nu_2+\delta_1k_1\omega_1\nu_1+\delta_1k_3\lambda\nu_2+\delta_1\lambda^2\nu_2$$
$$+\delta_1\lambda\omega_1\nu_1-k_1k_2k_3k_4-k_1k_2k_3\lambda-k_1k_2k_4\lambda-k_1k_2\lambda^2-k_1k_3k_4\lambda-k_1k_3\lambda^2-k_1k_4\lambda^2-k_1\lambda^3$$
$$-k_2k_3k_4\lambda-k_2k_4\lambda^2-k_2\lambda^3-k_3k_4\lambda^2-k_3\lambda^3-k_4\lambda^3-\lambda^4$$

Simulasi Numerik akan dilakukan dengan menggunakan metode numerik Runge-Kutta orde-4 melalui bantuan MATLAB. Nilai-nilai parameter yang digunakan dalam simulasi ini diambil dari jurnal sebelumnya (Guo & Youming, 2021). Selain itu, simulasi ini juga akan mencakup analisis kestabilan sistem dengan melakukan variasi pada parameter ξ_3 dan θ. Dengan mengganti nilai-nilai parameter ini, kami bertujuan untuk mengevaluasi dampaknya terhadap kestabilan asimptotik dari titik-titik kesetimbangan serta untuk memahami bagaimana perubahan parameter mempengaruhi dinamika sistem secara keseluruhan.

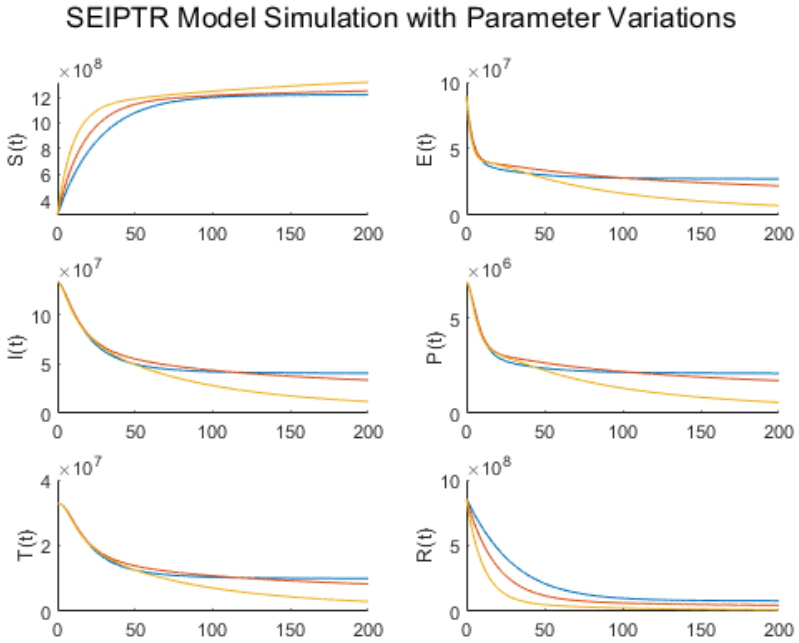
Tabel 1. Estimasi parameter (Guo & Youming, 2021).

Parameter	Keterangan	Nilai	Sumber
μ	Angka kelahiran dan angka kematian alami	1/77	Asumsi
α	Koefisien transmisi dari pengguna yang kecanduan I	0.553277	Fitted
β	Koefisien transmisi pengguna profesional P	0.008748	Fitted
ξ_1	Laju individu dari E ke I	0.131643	Fitted

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

ξ_2	Laju individu dari E ke P	0.017532	Fitted
ξ_3	Laju individu dari E ke R	[0,1]	Asumsi
v_1	Laju individu dari I ke P	0.000340	Fitted
v_2	Proporsi individu yang berhenti sementara di I	0.097332	Fitted
v_3	Proporsi individu yang berhenti secara permanen I	0.040456	Fitted
ω_1	Proporsi individu yang berhenti sementara di T	0.002685	Fitted
ω_2	Proporsi individu yang berhenti bermain P	0.220441	Fitted
δ_1	Proporsi individu T yang mengalami kekambuhan	0.252144	Fitted
δ_2	Proporsi individu yang berhenti bermain *T*	0.130325	Fitted
θ	Laju individu dari R ke S	[0,1]	Asumsi

Nilai R_0 dalam model SEIPTR dipengaruhi oleh parameter seperti laju transmisi (α, β), laju transisi dari ekspose ke infeksi, dan tingkat pemulihan. Tingginya R₀ menunjukkan perlunya strategi pengendalian untuk mengurangi penyebaran kecanduan game online, misalnya dengan mengurangi laju transmisi atau meningkatkan laju pemulihan melalui program edukasi, pembatasan akses, atau terapi. Penambahan parameter ξ_3 dan θ dalam model menghasilkan penurunan R₀ dari lebih dari 5 pada model lama menjadi lebih dari 2. Parameter ξ_3 mempercepat pemulihan, sehingga mengurangi waktu individu dalam kondisi menularkan kecanduan, sedangkan θ mempercepat perpindahan dari kecanduan menuju pemulihan. Penurunan R₀ ini menunjukkan potensi penularan yang lebih rendah dalam model baru.

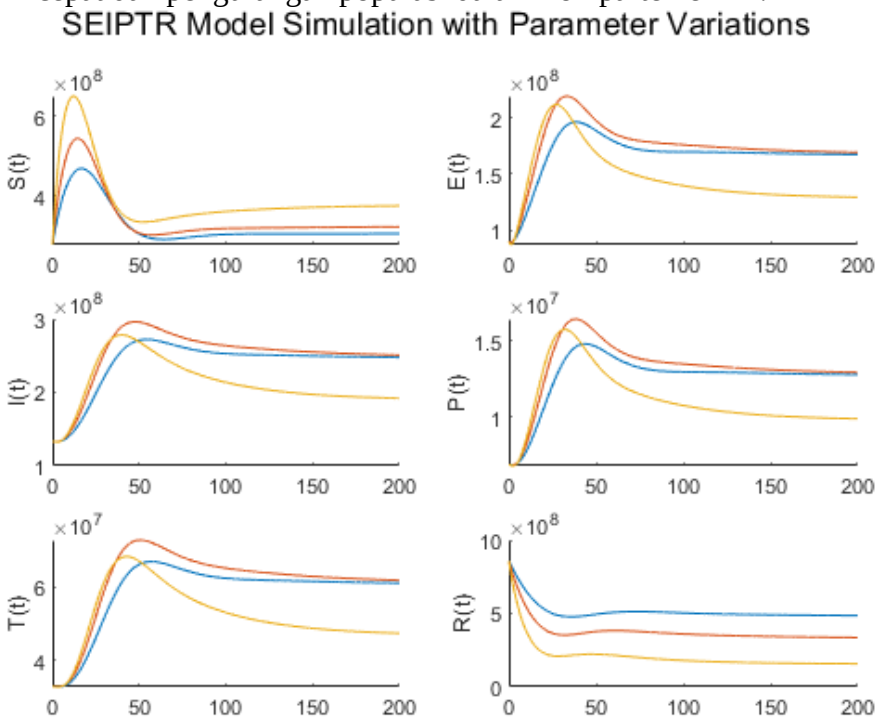


Gambar 2. Simulasi Saat $R_0 < 1$

Nilai dasar reproduksi, R_0 , menunjukkan berapa banyak kasus baru yang dihasilkan oleh satu kasus dalam populasi yang sepenuhnya rentan. Ketika $R_0 < 1$, setiap orang yang terinfeksi menularkan penyakit kepada kurang dari satu orang lain, menunjukkan kecenderungan penyakit akan berkurang atau hilang. Dalam simulasi ini, kami mengamati bagaimana populasi terinfeksi I , profesional P , serta kompartemen lain E (terpapar), T (dalam perawatan), dan R (pulih) menuju stabilitas. Parameter ξ_3 dan θ , yang memengaruhi perpindahan antar kompartemen, divariasikan untuk melihat dampaknya pada dinamika model. Populasi rentan S(t) meningkat dari sekitar $S(0) = 4\,x\,10^8$ hingga mencapai keseimbangan dalam kisaran $12\,x\,10^8$ hingga $13\,x\,10^8$. Garis biru, merah, dan kuning menunjukkan variasi ξ_3 dan θ (bernilai masing-masing 0.01, 0.02, dan 0.05 serta 0.003, 0.005, dan 0.009). Populasi rentan stabil pada nilai lebih tinggi dengan kenaikan parameter tersebut, menunjukkan peningkatan ξ_3 dan θ meningkatkan jumlah rentan dalam jangka panjang. Populasi terpapar E(t) turun tajam dari sekitar $9\,x\,10^7$ pada awal simulasi hingga mendekati keseimbangan sekitar $t = 500$. Kenaikan ξ_3 dan θ mempercepat penurunan E(t) menuju nilai stabil lebih rendah, menunjukkan efektivitas parameter ini dalam mengurangi populasi

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

terpapar. Populasi infeksius I(t) turun dari sekitar $1.4\,x\,10^8$ pada awalnya dan mencapai stabilitas pada $t = 500$. Dengan kenaikan ξ_3 dan θ , I(t) menurun lebih cepat dan mencapai titik stabil lebih rendah, bahkan mendekati nol pada kombinasi parameter tertinggi. Kompartemen profesional P(t) menurun drastis pada awalnya hingga sekitar $t = 100$ sebelum stabil. Pada nilai parameter tertinggi, P(t) hampir mencapai nol, menunjukkan peningkatan ξ_3 dan θ secara signifikan menurunkan jumlah populasi profesional. Pada awalnya, T(t) berada di nilai tinggi, sekitar $3.5\,x\,10^7$, namun menurun drastis dan mencapai keseimbangan yang berbeda-beda sesuai kombinasi ξ_3 dan θ . Kombinasi tertinggi mempercepat penurunan T(t) dan menstabilkan pada nilai yang lebih rendah. Kompartemen pulih R(t) menurun tajam dari sekitar $9\,x\,10^8$ pada awal simulasi. Peningkatan ξ_3 dan θ mempercepat penurunan dan menurunkan nilai stabil R(t) , menunjukkan laju transisi yang lebih cepat dan pengurangan populasi dalam kompartemen ini.



Gambar 3. Simulasi Saat $\boldsymbol{R_0 > 1}$

Variasi parameter ξ_3 dan θ memengaruhi dinamika penyebaran epidemi serta kestabilan sistem. Kondisi dengan $R_0 > 1$ menunjukkan bahwa penyakit bertahan dalam populasi dan mencapai titik endemik. Grafik menunjukkan dinamika setiap kompartemen, yaitu S(t) , E(t) , I(t) , P(t) , dan T(t) , berdasarkan tiga kombinasi parameter: ξ_3 = 0.01, θ = 0.03 , ξ_3 = 0.02, θ = 0.05 , serta ξ_3 = 0.05, θ = 0.09 .

Grafik S(t) menggambarkan perubahan populasi rentan. Pada awal waktu (t = 0), ketiga kurva menunjukkan peningkatan tajam hingga sekitar t = 15 . Kombinasi ξ_3 = 0.05, θ = 0.09 menghasilkan puncak tertinggi dibandingkan parameter lainnya, menunjukkan bahwa nilai parameter lebih besar memacu pertumbuhan populasi S(t) yang lebih cepat. Setelah mencapai puncak, kurva mengalami penurunan bertahap antara t = 15 dan t = 50 . Penurunan ini mencerminkan peralihan populasi dari S(t) ke kompartemen lain akibat infeksi. Di fase stabil (t = 70 hingga t = 100), kombinasi ξ_3 = 0.05 dan θ = 0.09 tetap menghasilkan nilai stabil tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa parameter besar mendukung populasi rentan yang lebih tinggi dalam jangka panjang.

Grafik E(t) menggambarkan populasi yang terpapar. Pada fase awal (t = 0 hingga t = 30), ketiga kurva meningkat dengan puncak tertinggi pada ξ_3 = 0.02, θ = 0.05 . Parameter ξ_3 = 0.01 dan θ = 0.03 menghasilkan puncak kedua tertinggi, sedangkan ξ_3 = 0.05, θ = 0.09 menghasilkan puncak terendah. Setelah puncak, setiap kurva menurun secara bertahap. Kombinasi ξ_3 = 0.05, θ = 0.09

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

menunjukkan penurunan paling tajam, sedangkan ξ_3 = 0.01, θ = 0.03 lebih lambat. Di fase stabil (t = 70 hingga t = 100), kurva ξ_3 = 0.01, θ = 0.03 memiliki nilai E(t) tertinggi, mencerminkan ketahanan populasi lebih besar dalam kompartemen ini. Populasi terinfeksi, I(t) , menunjukkan tren serupa dengan E(t) . Pada awalnya, kurva meningkat hingga t = 30 , dengan kombinasi ξ_3 = 0.02, θ = 0.05 menghasilkan puncak tertinggi. Penurunan terjadi setelah puncak, di mana ξ_3 = 0.05, θ = 0.09 mengalami penurunan tercepat. Stabilitas tercapai sekitar t = 70 hingga t = 100 , dengan nilai stabil tertinggi pada ξ_3 = 0.01, θ = 0.03 . Fenomena ini menunjukkan bahwa parameter lebih kecil memungkinkan populasi I(t) bertahan lebih lama pada tingkat tinggi.

Grafik P(t) , populasi profesional, meningkat cepat pada awal waktu dan mencapai puncak antara t = 30 hingga t = 50 . Kombinasi ξ_3 = 0.02, θ = 0.05 menghasilkan puncak tertinggi, sedangkan ξ_3 = 0.05, θ = 0.09 memiliki puncak terendah. Setelah itu, kurva menurun, dengan ξ_3 = 0.05, θ = 0.09 menunjukkan penurunan lebih tajam. Stabilitas tercapai sekitar t = 100 , dengan nilai tertinggi pada ξ_3 = 0.01, θ = 0.03 . Parameter lebih kecil memungkinkan populasi P(t) tetap tinggi dalam waktu panjang, sedangkan parameter besar mengarah pada penurunan cepat ke stabilitas rendah. Grafik T(t) , populasi yang pulih sementara, menunjukkan peningkatan awal yang tajam hingga t = 10 . Kombinasi ξ_3 = 0.02, θ = 0.05 mencapai puncak tertinggi, sementara ξ_3 = 0.05, θ = 0.09 menunjukkan puncak lebih rendah. Setelah puncak, kurva menurun secara bertahap antara t = 15 hingga t = 60 . Fase stabil dicapai sekitar t = 60 , dengan ξ_3 = 0.01, θ = 0.03 menghasilkan nilai stabil tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa nilai parameter kecil mendukung kestabilan populasi T(t) lebih tinggi dalam jangka panjang.

Grafik menunjukkan perubahan R(t) untuk tiga kombinasi parameter ξ_3 dan θ : ξ_3 = 0.01, θ = 0.03 ; ξ_3 = 0.02, θ = 0.05 ; dan ξ_3 = 0.05, θ = 0.09 . Ketiga kurva awalnya menurun tajam dari nilai tinggi sekitar 8 x 10^8 hingga t = 10 , menunjukkan perpindahan populasi dari R(t) ke kompartemen lain. Setelah itu, kurva mulai stabil dengan penurunan melambat.Pada t = 20 hingga t = 100 , ketiga kurva stabil dengan fluktuasi kecil. Kurva ξ_3 = 0.01, θ = 0.03 berada pada nilai tertinggi, sementara ξ_3 = 0.05, θ = 0.09 yang paling rendah. Hal ini menunjukkan bahwa parameter lebih tinggi menghasilkan nilai R(t) yang lebih rendah, mencerminkan laju pemulihan yang lebih cepat. Secara keseluruhan, parameter yang lebih tinggi mengarah pada keseimbangan dengan populasi lebih kecil di R(t) , yang berpengaruh pada pengendalian populasi dalam model.

Variasi parameter ξ_3 dan θ memiliki pengaruh signifikan terhadap dinamika setiap kompartemen. Parameter besar mempercepat penurunan populasi setelah puncak tetapi mencapai stabilitas lebih rendah. Sebaliknya, parameter kecil memungkinkan kestabilan lebih tinggi meskipun memerlukan waktu lebih lama untuk mencapainya. Dalam konteks epidemiologi, hasil ini menunjukkan bahwa pengendalian nilai parameter dapat menjadi strategi efektif untuk memengaruhi laju penyebaran epidemi dan kestabilan jangka panjang. Studi lanjutan diperlukan untuk mengkaji implikasi klinis dan sosial dari temuan ini.

KESIMPULAN

Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai dasar reproduksi (R_0) memiliki dampak besar terhadap dinamika penyebaran epidemi dalam model. Ketika $R_0 < 1$, populasi rentan S(t) menunjukkan peningkatan yang signifikan, sedangkan kompartemen lainnya, seperti E(t) (terpapar), I(t) (terinfeksi), P(t) (profesional), T(t) (pulih sementara), dan R(t) (pulih permanen), bergerak menuju titik kestabilan yang lebih rendah. Peningkatan parameter ξ₃ dan θ mempercepat penurunan populasi dalam kompartemen E(t), I(t), P(t), T(t), dan R(t), serta meningkatkan jumlah populasi rentan S(t) dalam jangka panjang. Di sisi lain, ketika $R_0 > 1$, penyakit dapat bertahan dalam populasi dan mencapai titik endemik. Variasi pada parameter ξ₃ dan θ menunjukkan bahwa parameter yang lebih besar mempercepat penurunan populasi setelah puncak, tetapi mencapai titik stabil yang lebih rendah, sementara parameter yang lebih kecil mendukung kestabilan populasi yang lebih tinggi meskipun memerlukan waktu lebih lama untuk mencapainya. Hal ini menunjukkan bahwa pengendalian nilai parameter dapat menjadi strategi yang efektif untuk mempengaruhi laju

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

penyebaran epidemi dan mencapai kestabilan jangka panjang. Secara keseluruhan, hasil ini memberikan wawasan penting mengenai bagaimana variabilitas parameter dapat mempengaruhi dinamika epidemi dalam model, dan menunjukkan bahwa pengaturan parameter yang tepat dapat digunakan sebagai strategi untuk mengendalikan penyebaran dan mencapai keseimbangan dalam populasi. Studi lanjutan diperlukan untuk memahami implikasi klinis dan sosial dari temuan ini lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

Abrori, M. (2016). Model Matematika Minuman Keras. *Jurnal Fourier*, *5*(1), 1–9. https://doi.org/10.14421/fourier.2016.51.1-9

Annur, C. M. (2023, September 20). databoks.Retrieved Februari 26, 2024, from Teknologi & Telekomunikasi: https://databoks.katadata.co.id/ datapublish/2023/09/20/pengguna-internet-di-indonesia-tembus-213-juta orang-hingga-awal-2023

Anwar, A. (2021). SEIRS model analysis for online game addiction. *Journal of Physics*: Conference Series.

Boyce, W. E., & DiPrima, R. C. (2009). *Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems*, Textbook and Student Solutions Manual Set. 796.

Dhia Diana Fitriani, J. K. (2021). Korelasi Kontrol Diri Dengan Kecanduan. *Journal Of Nursing Research*, 1-8.

Fatahilla, A., Istiqomah, M., & Dafik. (2021). Pemodelan Matematika Pada Kasus Kecanduan Game Online Menggunakan Metode Runge-Kutta Orde 14. *Journal of Mathematics and Its Applications*, 129-141.

Li, T., & Guo, Y. (2019). Stability and Optimal Control in a Mathematical Model. China: *Journal of Optimization Theory and Applications* (2022) 195:780–807 https://doi.org/10.1007/s10957-022-02123-x.

Li, Y. G. (2021). Dynamics and optimal control of an online game addiction model with. *Faculty of Sciences and Mathematics,University of Nis, Serbia AIMS Mathematics*, 3745–3770. Filomat 33:17 (2019), 5691–5711 https://doi.org/10.2298/FIL1917691L.

Muhammad, S. T., Apriliani, E., & Hanafi, L. (2015). Pengkajian Metode Extended Runge Kutta dan Penerapannya pada Persamaan Diferensial Biasa. *Jurnal Sains Dan Seni ITS, 4(2), 25–30.*

Ndii, M. Z. (2018). *Pemodelan Matematika Dinamika Populasi dan Penyebaran Penyakit: Teori*, Aplikasi dan Numerik. Deepublish, February, 68.

Novriady, Eryzal (2019). *Kecanduan Game Online Pada Remaja Dampak Dan Penanganannya.* (Padang : UNP, 2019), Vol. 27, No. 2.

Perko, L. (2010). *Differential Equation and Dynamical System* . New York: Springer Verlag.

Safarina, L. H. (2019). Self-control and online game addiction in early. *Journal of Physics: Conference.*

S. L. Ross. (2010). *Differential equations 3rd edition Shepley L.Ross*.pdf.

Syafruddin Side, M. J. (2024). Optimal Control and Analysis of the SEIRS Model on the Problem of Online Game Addiction: A Case Study Among Class VIII Students of the State Junior High Schools in Makasar City. *International Journal of Applied Mathematics*, 232-237.

Syahran, R. (2015). Ketergantungan Online Game dan Penanganannya. *Jurnal Psikologi*, 84-92.

Utami & Hodikoh (2020). Kecanduan Game Online Berhubungan dengan Penyesuaian Sosial pada Remaja. *Jurnal Keperawatan*. DOI: https://doi.org/10.32583/keperawatan.v12i1.700

Widowati, & Sutimin. (2007). *Buku Ajar Pemodelan Matematika. Semarang: Univeristas Diponegoro.*

Wijaya, Y. B., & Maulana, D. A. (2022). Model Dinamika Kecanduan Game Online Pada Gawai. *MATHunesa : Jurnal Ilmiah Matematika*

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Web dengan Pendekatan *Problem Based Learning* (PBL) pada Materi Scratch Kelas VII SMP

Fathul Luthfillah Ahmad[1], Azis Luki Nugroho[2], Delvi Dwi Anjarsari[3], Ririn Rahmayanti[4], Gres Dyah Kusuma Ningrum[2]

[1,2,3,4] Pendidikan Profesi Guru, Fakultas Pascasarjana, Universitas Negeri Malang, Indonesia
[2]Pendidikan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Indonesia
**Coresponding Author: fathul.luthfillah.2331537@um.ac.id*

Abstrak, rendahnya minat siswa dalam memahami materi pemrograman di tingkat SMP menjadi tantangan dalam pembelajaran informatika. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis web dengan pendekatan Problem Based Learning (PBL) pada materi Scratch untuk memudahkan siswa kelas VII SMP dalam memahami konsep pemrograman dasar. Metode yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan model ADDIE, yang meliputi tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, dan kuesioner menggunakan pendekatan mixed methods untuk mendapatkan hasil yang menyeluruh dan akurat. Hasil analisis menunjukkan bahwa media pembelajaran ini sangat valid berdasarkan penilaian dari ahli materi (95,83%) dan ahli media (93,84%), serta mendapatkan respon excellent setelah diimplementasikan kepada siswa. Siswa memberikan penilaian positif terhadap media pembelajaran ini, yang dianggap menarik dan memudahkan pemahaman konsep pemrograman. Dengan demikian, media pembelajaran berbasis web dengan pendekatan PBL ini layak digunakan dan terbukti efektif dalam membantu siswa memahami materi informatika serta memberikan kontribusi terhadap peningkatan kualitas pembelajaran pemrograman di tingkat SMP.
Kata kunci: Media Pembelajaran Berbasis Web, Problem Based Learning (PBL), Scratch

Abstract, *The low interest of students in understanding programming material at the junior high school level is a challenge in learning informatics. This research aims to develop web-based learning media with a Problem Based Learning (PBL) approach on Scratch material to make it easier for grade VII junior high school students to understand basic programming concepts. The method used is Research and Development (R&D) with the ADDIE model, which includes the stages of analysis, design, development, implementation, and evaluation. Data were collected through observation, interviews, and questionnaires using a mixed methods approach to obtain thorough and accurate results. The results of the analysis show that this learning media is very valid based on the assessment of material experts (95.83%) and media experts (93.84%), as well as getting excellent responses after being implemented to students. Students gave a positive response to this learning media, which is considered interesting and facilitates the understanding of programming concepts. Therefore, this web-based learning media with PBL approach is feasible to use and proven effective in helping students understand informatics material and contributing to improving the quality of programming learning at the junior high school level.*
Keywords*: Web-based Learning Media, Problem Based Learning (PBL), Scratch*

Citation : Ahmad, F. L, dkk. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Web dengan Pendekatan Problem Based Learning (PBL) pada Materi Scratch Kelas VII SMP. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 527 – 535

PENDAHULUAN

Pendidikan di abad ke-21 berkembang pesat seiring kemajuan teknologi, yang berdampak pada berbagai aspek kehidupan, termasuk pendidikan (Sugara & Mutmainnah, 2020). Pada tingkat SMP, terutama di kelas VII, pengenalan konsep pemrograman dasar menimbulkan tantangan tersendiri. Scratch, salah satu alat pembelajaran pemrograman yang visual dan mudah dipahami, banyak digunakan untuk mengajarkan konsep dasar *coding* (Asyidqi dkk, 2024). Namun, meski menawarkan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pendekatan visual yang sederhana, banyak siswa masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep dasar pemrograman seperti *looping*, variabel, dan kondisi, yang terasa abstrak bagi mereka (Widiadnyana dkk., 2024). Akibatnya, motivasi belajar siswa dalam mempelajari algoritma menurun, terutama jika metode pengajarannya tidak menarik. Motivasi intrinsik sangat berperan dalam proses pembelajaran, terutama ketika siswa dihadapkan pada materi yang membutuhkan pemahaman konsep abstrak (Hallarte dkk., 2024).

Kemajuan teknologi juga memungkinkan inovasi baru dalam media pembelajaran berbasis web. Media berbasis web memberikan fleksibilitas bagi siswa untuk mengakses materi baik di dalam maupun di luar kelas, yang mendukung proses belajar mandiri (Rosaline dkk., 2024). Selain itu, media ini menyediakan akses materi kapan saja dan memungkinkan penyesuaian kecepatan belajar masing-masing siswa (Iyamuremye dkk., 2024). Namun, media pembelajaran Scratch di tingkat SMP saat ini masih terbatas dan cenderung kurang interaktif, sehingga tidak cukup mendukung pemecahan masalah yang penting dalam belajar pemrograman. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan media yang interaktif dan kontekstual agar siswa lebih mudah memahami materi dan termotivasi untuk belajar.

Pendekatan *Problem Based Learning* (PBL) adalah metode yang dapat diterapkan untuk pembelajaran pemrograman di SMP. PBL mengutamakan pembelajaran berbasis masalah yang relevan dengan kehidupan sehari-hari, sehingga siswa terdorong untuk berpikir kritis dan mencari solusi (Wardani, 2023). Melalui PBL, siswa belajar berpikir kritis dan logis dengan langsung memecahkan masalah yang dihadapi (Darwati & Purana, 2021). Pendekatan ini relevan dengan pembelajaran pemrograman yang membutuhkan kemampuan berpikir analitis. Dalam pembelajaran Scratch, penerapan PBL dapat membuat proses belajar lebih bermakna karena siswa berlatih menyelesaikan masalah nyata dengan logika pemrograman. Dengan demikian, pengembangan media berbasis web yang menggunakan PBL diharapkan dapat mengatasi tantangan pembelajaran Scratch dan meningkatkan motivasi serta keterlibatan siswa. PBL juga mendukung pengembangan keterampilan metakognitif, yang membantu siswa mengerti cara belajar dan memperbaiki kesalahan mereka (Kusuma & Nurmawanti, 2023).

Masalah utama yang dihadapi dalam pembelajaran Scratch di kelas VII SMP adalah kurangnya media pembelajaran yang efektif dan interaktif. Media yang ada saat ini cenderung hanya instruksional satu arah, yang tidak memungkinkan siswa berpartisipasi aktif dalam pemecahan masalah. Padahal, keterlibatan aktif dalam pembelajaran sangat penting untuk memahami konsep abstrak. Berdasarkan teori konstruktivisme sosial Vygotsky, pembelajaran bermakna terjadi melalui interaksi dan eksplorasi aktif (Witasari, 2023). Selain itu, media pembelajaran algoritma yang ada saat ini belum memanfaatkan teknologi dengan optimal, sehingga siswa kurang dapat belajar secara mandiri dan fleksibel. Kondisi ini berdampak pada rendahnya motivasi belajar siswa dan kurangnya pemahaman mereka terhadap konsep dasar pemrograman. Media yang interaktif dan memungkinkan eksplorasi mandiri cenderung meningkatkan motivasi siswa. Oleh karena itu, pengembangan media berbasis web yang mendukung pembelajaran Scratch dengan pendekatan PBL sangat diperlukan agar pengalaman belajar siswa lebih baik.

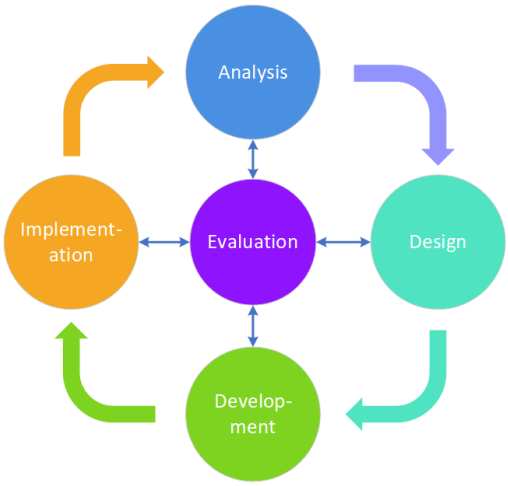
Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis web dengan pendekatan Problem Based Learning (PBL) pada materi Scratch untuk siswa kelas VII. Tujuan lain penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kelayakan media pembelajaran yang dikembangkan sehingga layak untuk digunakan oleh siswa. Hasil penelitian diharapkan dapat memberi kontribusi signifikan dalam pengembangan media pembelajaran berbasis web, khususnya untuk pembelajaran Scratch di SMP. Penelitian ini diharapkan dapat membantu mengatasi tantangan dalam pembelajaran algoritma serta menyediakan alternatif media yang mendukung proses belajar yang lebih mandiri dan fleksibel.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan menerapkan model pengembangan ADDIE. Model ini melibatkan lima tahapan yang

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

sistematis, mulai dari tahap *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation* terhadap produk yang dihasilkan (Branch, 2009). Model ini dipilih karena menawarkan pendekatan yang sistematis dan bertahap, mulai dari perencanaan hingga evaluasi, sehingga dapat memastikan kualitas media pembelajaran yang dihasilkan (Puspasari, 2019). Dalam penelitian ini, pendekatan gabungan (*mixed methods*) dilakukan dengan menggunakan metode kualitatif untuk menggali kebutuhan pengguna dan melakukan evaluasi awal, serta metode kuantitatif untuk mengukur secara objektif efektivitas media yang telah dikembangkan. Penelitian ini menggunakan pendekatan gabungan (*mixed methods*) dengan tujuan untuk memperoleh pemahaman yang mendalam dan komprehensif. Metode kualitatif digunakan untuk menggali makna dan persepsi, sementara metode kuantitatif digunakan untuk mengukur secara objektif efektivitas media pembelajaran (Mukhadis, 2021).



Gambar 1. Tahapan ADDIE

Subjek penelitian ini terdiri dari tiga kelompok utama, yaitu: (1) Ahli materi yang bertanggung jawab memastikan bahwa konten dalam media pembelajaran sesuai dengan standar kurikulum dan mudah dipahami oleh siswa. Validasi dilakukan terhadap kesesuaian konsep pembelajaran Scratch dengan pendekatan *Problem Based Learning* (PBL). Ahli materi yang terlibat mencakup dosen ahli di bidang Informatika Universitas Negeri Malang serta seorang guru mata pelajaran Informatika SMPN 24 Malang; (2) Ahli media yang bertugas memvalidasi media pembelajaran berbasis web dari berbagai aspek, seperti rekayasa perangkat lunak, desain pembelajaran, dan komunikasi visual. Ahli media yang terlibat meliputi dosen ahli di bidang Informatika Universitas Negeri Malang serta seorang guru mata pelajaran Informatika SMPN 24 Malang; (3) Siswa kelas VII SMP yang telah/sudah menempuh materi Scratch menjadi target pengguna utama dari media pembelajaran ini. Sebanyak 33 siswa dilibatkan dalam tahap implementasi, yang melibatkan penerapan media pembelajaran di sekolah terpilih, yaitu SMP Negeri 24 Malang, untuk mengevaluasi seberapa efektif media tersebut dalam mendukung proses belajar mengajar.

Subjek penelitian ini terdiri dari tiga kelompok utama, yaitu: (1) Ahli materi yang bertanggung jawab memastikan bahwa konten dalam media pembelajaran sesuai dengan standar kurikulum dan mudah dipahami oleh siswa. Validasi dilakukan terhadap kesesuaian konsep pembelajaran Scratch dengan pendekatan *Problem Based Learning* (PBL). Ahli materi yang terlibat mencakup dosen ahli di bidang Informatika Universitas Negeri Malang serta seorang guru mata pelajaran Informatika SMPN 24 Malang; (2) Ahli media yang bertugas memvalidasi media pembelajaran berbasis web dari berbagai aspek, seperti rekayasa perangkat lunak, desain pembelajaran, dan komunikasi visual. Ahli media yang terlibat meliputi dosen ahli di bidang Informatika Universitas Negeri Malang serta seorang guru mata pelajaran Informatika SMPN 24 Malang; (3) Siswa kelas VII SMP yang telah/sudah menempuh materi Scratch menjadi target pengguna utama dari media pembelajaran ini. Sebanyak 33 siswa dilibatkan dalam tahap implementasi, yang melibatkan penerapan media pembelajaran di sekolah terpilih, yaitu SMP Negeri 24 Malang, untuk menguji efektivitas media.

Kuesioner diberikan kepada para ahli, termasuk ahli media dan ahli materi, yang berisi pertanyaan tertutup menggunakan skala Likert yang telah dimodifikasi dari Sugiyono (2019). Skala ini digunakan untuk menilai kualitas media dari berbagai aspek. Kuesioner ahli materi memiliki aspek penilaian seperti kelayakan isi dan kelayakan penyajian (BSNP, 2008). sedangkan kuesioner untuk ahli media memiliki aspek penilaian seperti rekayasa perangkat lunak, desain pembelajaran, dan komunikasi visual (Wahono, 2006). Sementara itu, untuk mengetahui kelayakan media pembelajaran berdasarkan respons siswa, digunakan kriteria User Experience Questionnaire (UEQ) dari Pratama (2022).

Data yang diperoleh setelah melakukan uji coba produk, yang mencakup validasi dari para ahli, dianalisis untuk mengetahui kelayakan implementasi produk. Data kuantitatif yang diperoleh dari skor angket para subjek uji coba kemudian diubah menjadi bentuk persentase. Untuk menghitung validitas skor angket, digunakan persamaan (1) (Akbar, 2017), dimana V=Validitas, TSe=Total skor empiris validator, TSh=Total skor maksimal yang diharapkan. Validitas produk yang diperoleh dari perhitungan ini akan dikategorikan yang terdiri dari Sangat Valid (85,01–100,00%), Cukup Valid (70,01–85,00%), Kurang Valid (50,01–70,00%), dan Tidak Valid (01,01–50,00%).

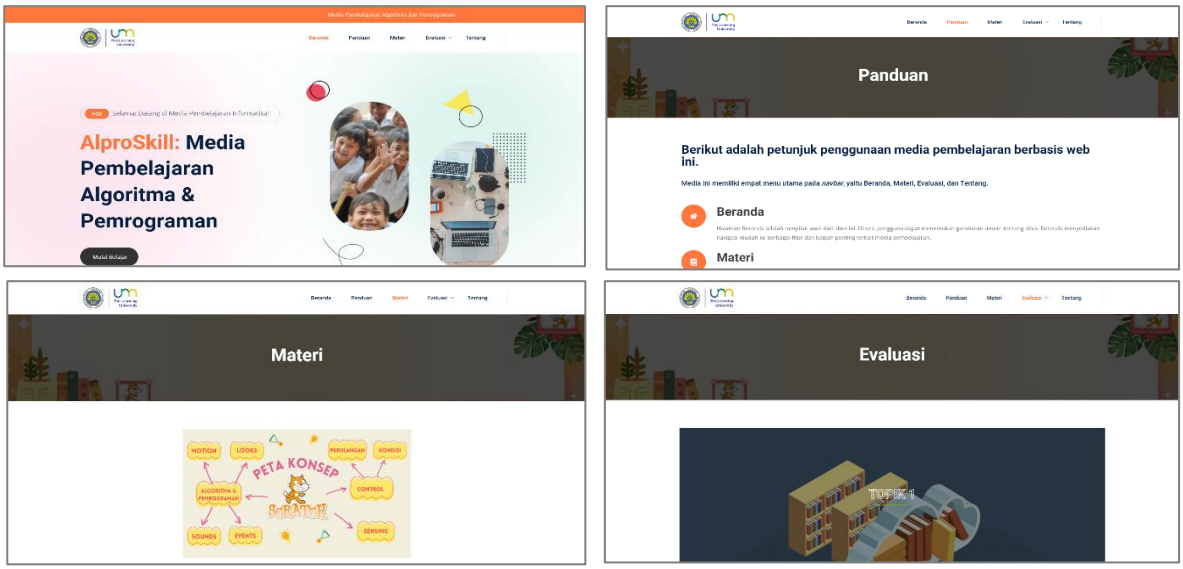
$$V = \frac{TSe}{TSh} x100\% \quad (1)$$

Selanjutnya, data respons siswa yang diperoleh dari kuesioner UEQ, yang terdiri dari 26 pertanyaan dan dibagi menjadi enam aspek yaitu a*ttractiveness, perspicuity, efficiency, dependability, stimulation*, dan *novelty*, dianalisis menggunakan Excel. Hasil perhitungan dari keenam aspek tersebut digunakan sebagai acuan dalam setiap evaluasi, dengan skala penilaian yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Skala Benchmark UEQ (Schrepp, dkk, 2017)

Aspek	Excellent	Good	Above Average	Below Average	Bad
Attractiveness	≥1,75	≥1,52	≥1,17	≥0,7	<0,7
Perspicuity	≥1,9	≥1,56	≥1,08	≥0,64	<0,64
Efficiency	≥1,78	≥1,47	≥0,98	≥0,54	<0,54
Dependability	≥1,65	≥1,48	≥1,14	≥0,78	<0,78
Stimulation	≥1,55	≥1,31	≥0,99	≥0,5	<0,5
Novelty	≥1,4	≥1,05	≥0,71	≥0,3	<0,3

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Tampilan Website Pembelajaran

Penelitian ini mengembangkan media pembelajaran berbasis web dengan nama "AlproSkill". Produk akhir dari penelitian ini berupa media pembelajaran untuk mata pelajaran Informatika materi

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Scratch yang ditujukan bagi siswa kelas VII SMP. Media pembelajaran tersebut dapat diakses melalui aplikasi browser di laptop, komputer, atau smartphone. Materi yang disajikan terdiri dari (1) Pengenalan algoritma dan pemrograman Scratch, (2) Kondisi dan perulangan, serta (3) *Sensing*. Hasil pengembangan ini mencakup lima halaman menu utama, yaitu beranda, panduan, materi, evaluasi, dan tentang. Setelah pengembangan media pembelajaran selesai, tahap berikutnya adalah melakukan uji coba produk. Uji coba pertama yaitu melakukan pengujian validitas materi, hasil validasi dari ahli materi menunjukkan bahwa media pembelajaran "Alproskill" memiliki kelayakan isi dengan nilai 94,79%, yang termasuk kategori sangat valid. Pada aspek kelayakan penyajian, media ini memperoleh nilai 96,88%, juga dikategorikan sangat valid. Nilai rata-rata dari kedua aspek adalah 95,83%, yang berada dalam kategori sangat valid. Dengan hasil validasi materi ini, website pembelajaran "AlproSkill" dinyatakan layak digunakan karena materi telah sesuai dengan standar kurikulum dan kebutuhan siswa, serta efektif dalam mendukung proses pembelajaran.

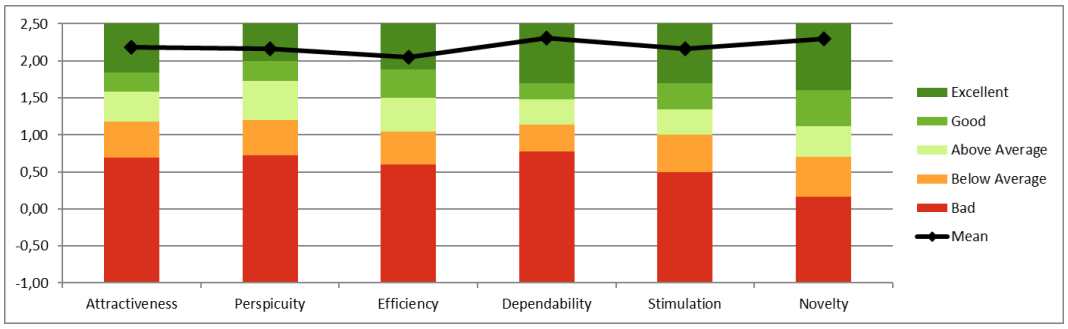
Hasil validasi dari para ahli media menunjukkan bahwa media pembelajaran ini memperoleh nilai sebesar 92,97% pada aspek rekayasa perangkat lunak, yang dikategorikan sangat valid. Pada aspek desain pembelajaran, media ini mendapatkan nilai 96,88%, sementara pada aspek komunikasi visual diperoleh nilai sebesar 91,67%, keduanya juga berada dalam kategori sangat valid. Rata-rata ketiga aspek tersebut adalah 93,84%, yang termasuk dalam kategori sangat valid. Berdasarkan uji validitas ini, media pembelajaran "AlproSkill" dinyatakan layak digunakan karena memenuhi standar rekayasa perangkat lunak yang baik, desain pembelajaran yang efektif, dan komunikasi visual yang jelas, sehingga dapat mendukung siswa dalam proses belajar secara optimal.

Setelah tahap uji validitas materi dan media selesai, langkah berikutnya adalah pelaksanaan implementasi, yaitu menguji produk pada siswa kelas VII di SMP Negeri 24 Malang. Respon siswa terhadap media pembelajaran dievaluasi menggunakan UEQ, dengan data yang dikumpulkan dari penilaian 33 siswa. Penilaian ini mencakup 26 pertanyaan yang dikelompokkan dalam 6 aspek yaitu daya tarik, kejelasan, efisiensi, keterandalan, stimulasi, dan kebaruan. Setiap pertanyaan dijawab dengan skala 1-7 yang diberikan kepada siswa. Hasil pengukuran skala UEQ tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kelompok UEQ

Pragmatic and Hedonic	Quality	Scale	UEQ Scale Score
Attractivenes	2,19	Attractiveness	2,19
Pragmatic Quality	2,17	Perspicuity	2,16
		Efficiency	2,05
		Dependability	2,31
Hedonic Quality	2,23	Stimulation	2,17
		Novelty	2,29

Hasil pengukuran menggunakan skala UEQ menunjukkan bahwa nilai untuk aspek attractiveness adalah 2,19, perspicuity 2,16, efficiency 2,05, dependability 2,31, stimulation 2,17, dan novelty 2,29. Skala UEQ ini dikelompokkan menjadi Pragmatic Quality (terdiri dari *perspicuity*, *efficiency*, dan *dependability*) serta Hedonic Quality (terdiri dari *stimulation* dan *novelty*). Rata-rata untuk Pragmatic Quality adalah 2,17, sementara untuk Hedonic Quality adalah 2,23. Berdasarkan pengukuran tersebut, seluruh aspek berada pada nilai positif, yaitu di atas 0,8. Rentang nilai antara -0,8 hingga 0,8 dianggap normal, nilai >0,8 menunjukkan hasil positif, dan nilai <-0,8 menunjukkan hasil negatif. Analisis lanjutan dilakukan dengan membandingkan hasil UEQ terhadap skala benchmark yang terdapat pada Tabel II, dan hasilnya ditampilkan pada Gambar 9.



Gambar 2. Grafik UEQ dengan Benchmark

Berdasarkan hasil UEQ dengan benchmark pada Gambar 9, dapat dilihat bahwa skala UEQ untuk AlproSkill yang dikembangkan termasuk dalam kategori sangat baik. Aspek attractiveness berada dalam kategori excellent, dengan daya tarik siswa terhadap AlproSkill disebabkan oleh tampilannya yang menarik, desain yang modern, dan kesan positif yang dihasilkan. Hal ini mendorong siswa untuk merasa antusias dan termotivasi dalam penggunaannya. Studi sebelumnya juga menunjukkan bahwa desain visual yang menarik dapat meningkatkan minat siswa terhadap platform pembelajaran serta menciptakan pengalaman belajar yang lebih menyenangkan dan memotivasi (Rohmiasih dkk., 2023). Aspek perspicuity juga termasuk dalam kategori excellent, yang menunjukkan bahwa AlproSkill mudah dipahami dan digunakan, bahkan oleh siswa yang pertama kali mengaksesnya. Instruksi dan antarmuka yang dirancang dengan jelas memudahkan siswa dalam menggunakan fitur-fitur platform ini tanpa banyak bimbingan. Kemudahan penggunaan ini menjadi faktor penting untuk meningkatkan kenyamanan bagi pengguna baru di lingkungan digital, sehingga mendukung proses belajar secara lebih optimal (Armanda dkk., 2023).

Aspek efficiency berada dalam kategori excellent, menandakan bahwa AlproSkill memungkinkan siswa mencapai tujuan pembelajaran dengan cepat dan efektif. Platform ini mendukung alur pembelajaran yang lancar, mempermudah siswa menyelesaikan tugas tanpa gangguan navigasi atau waktu yang berlebihan. Efisiensi tersebut berkaitan erat dengan sistem yang responsif dan intuitif, yang mempercepat penyelesaian tugas oleh pengguna serta meningkatkan produktivitas belajar (Suendri & Novita, 2018). Aspek dependability termasuk dalam kategori excellent, yang berarti AlproSkill dapat diandalkan selama penggunaannya. Siswa merasa percaya diri dan yakin bahwa mereka tidak akan mengalami masalah teknis atau kesalahan sistem, sehingga dapat fokus pada materi pembelajaran tanpa gangguan. Keandalan ini sangat penting dalam menciptakan rasa aman pada pengguna, yang membantu mempertahankan konsistensi dan kenyamanan dalam pengalaman belajar siswa (Kusumajaya & Rivai, 2017).

Aspek stimulation juga masuk kategori excellent, karena AlproSkill mampu memberikan pengalaman belajar yang menyenangkan dan memotivasi siswa untuk terus menggunakannya. Dengan desain yang mampu menjaga ketertarikan dan memberikan stimulasi positif, AlproSkill berhasil memotivasi siswa untuk mengeksplorasi materi lebih dalam. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa stimulasi emosi positif dalam media pembelajaran digital berperan besar dalam meningkatkan keterlibatan siswa (Lubis dkk., 2024). Aspek novelty berada dalam kategori excellent, menunjukkan bahwa AlproSkill memiliki elemen inovatif dan fitur unik yang belum banyak ditemukan pada media pembelajaran lain. Fitur-fitur baru ini memberi siswa pengalaman segar yang memperkuat daya tarik AlproSkill sebagai sarana belajar yang berbeda dari yang lain. Kebaruan yang ditawarkan dapat berkontribusi terhadap kepuasan pengguna serta meningkatkan ketertarikan siswa terhadap materi yang disajikan (Satriani & Kadar, 2024).

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Dari deskripsi di atas, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran AlproSkill secara keseluruhan sangat berhasil dalam memenuhi harapan pengguna. Dengan skor tinggi pada semua aspek UEQ, AlproSkill terbukti efektif, menarik, mudah digunakan, dan inovatif, yang mampu memberikan pengalaman belajar maksimal bagi siswa.

KESIMPULAN

Penelitian ini telah mengembangkan sebuah media pembelajaran berbasis web bernama AlproSkill, yang dirancang dengan menggunakan pendekatan *Problem Based Learning* (PBL) untuk modul pemrograman Scratch, bertujuan untuk membantu siswa kelas tujuh meningkatkan motivasi belajar mereka. Berdasarkan hasil validasi oleh ahli materi, AlproSkill dikategorikan sebagai media yang "sangat valid" dengan nilai kelayakan isi mencapai 94,79% dan kelayakan penyajian sebesar 96,88%, memberikan rata-rata kelayakan sebesar 95,83%. Hal ini menunjukkan bahwa konten dan penyajian materi yang diberikan AlproSkill mampu memenuhi standar pembelajaran yang efektif dan relevan, yang diharapkan dapat menyesuaikan dengan kebutuhan kurikulum yang berlaku. Validasi ahli media juga memperkuat kategori "sangat valid" pada aspek rekayasa perangkat lunak (92,97%), desain instruksional (96,88%), dan komunikasi visual (91,67%), sehingga rata-rata keseluruhan untuk ketiga aspek tersebut mencapai 93,84%. Hal ini mencerminkan bahwa media ini tidak hanya memiliki kualitas teknis yang baik tetapi juga kejelasan dalam instruksi dan desain visual yang mendukung keterbacaan dan kenyamanan penggunaan oleh siswa.

Implementasi AlproSkill di lapangan memberikan umpan balik yang positif dari siswa, seperti yang ditunjukkan oleh skor UEQ yang menempatkan semua aspek, termasuk *attractiveness*, *perspicuity*, *efficiency*, *dependability*, *stimulation*, dan *novelty*, dalam kategori "sangat baik". UEQ sebagai instrumen evaluasi kualitas pengalaman pengguna memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai bagaimana AlproSkill diterima oleh siswa dari sudut pandang pengalaman pengguna, termasuk persepsi penggunaan media ini dalam pembelajaran. Setiap skor dalam UEQ menggambarkan kemampuan AlproSkill dalam menciptakan pengalaman belajar yang intuitif, menarik, serta mendukung keberlanjutan pembelajaran siswa secara mandiri. Dengan skor UEQ yang tinggi pada setiap aspek, AlproSkill menunjukkan potensi yang kuat sebagai media pembelajaran alternatif yang interaktif dan kontekstual untuk mendukung penguasaan dasar pemrograman Scratch serta memfasilitasi pembelajaran yang fleksibel dan mandiri bagi siswa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini. Penghargaan khusus disampaikan kepada Universitas Negeri Malang atas dukungan dan fasilitas penelitian yang diberikan, serta kepada SMP Negeri 24 Malang sebagai tempat uji coba media pembelajaran ini. Terima kasih pula kepada kepala sekolah, para guru, dan siswa kelas VII yang telah berpartisipasi dalam pengembangan dan implementasi media pembelajaran ini. Penulis juga berterima kasih kepada dosen pembimbing serta rekan-rekan yang memberikan bimbingan, masukan, dan dukungan sepanjang proses penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dalam memajukan kualitas pembelajaran khususnya pada pembelajaran informatika di tingkat SMP..

DAFTAR PUSTAKA

Akbar, S. (2017). *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.

Armanda, N. ., Adelina, F., Shalsabilla, A., & Rahmadhani, Y. (2023). Kemudahan Pemahaman Dan Kebermanfaatan Penggunaan WebsiteKIRIMKELUAR.COM Sebagai Media Pembelajaran. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, *9*(15), 1–5.

Asyidqi, A., Qodir, M., & Efendi, M. Y. (2024). *Pengenalan Dasar Pemrograman Menggunakan Metode Scratch untuk Siswa Kelas 7 . 3 SMP Dharma Karya UT*. 2479–2485.

Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP). (2008). *Standar Penilaian Buku Teks Pelajaran.*

Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach.* New York: Springer.

Darwati, I. M., & Purana, I. M. (2021). Problem Based Learning (PBL) : Suatu Model Pembelajaran Untuk Mengembangkan Cara Berpikir Kritis Peserta Didik. *Widya Accarya*, *12*(1), 61–69. https://doi.org/10.46650/wa.12.1.1056.61-69

Hallarte, D. K., Camaongay, Q. M., Congson, J., Cuamag, S., Datosme, J., Laude, V. K. B., Milano, M. L., Gonzales, R., & Gonzales, G. (2024). Modeling self-regulation in learning mathematics through teacher-promoting interaction and parental support among STEM learners: The mediating role of intrinsic motivation. *Social Sciences & Humanities Open*, *10*, 101135. https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.101135

Iyamuremye, A., Twagilimana, I., & Niyonzima, F. N. (2024). Examining the utilization of web-based discussion tools in teaching and learning organic chemistry in selected Rwandan secondary schools. *Heliyon*, *10*(20), e39356. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39356

Kusuma, A. S., & Nurmawanti, I. (2023). Pengaruh Strategi Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Terhadap Keterampilan Metakognitif dan Kemampuan Pemecahan Masalah Mahasiswa. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, *8*(3), 1922–1934. https://doi.org/10.29303/jipp.v8i3.1890

Kusumajaya, R. A., & Rivai, A. R. (2017). Pengaruh Citra Lembaga Dan Kualitas Layanan Terhadap Kepuasan Dan Komitmen Relasional Dan Dampaknya Pada Positive Word of Mouth. *Jurnal Telaah Manajemen*, *14*(2), 18–32.

Lubis, M., Solehudin, R. H., Safitri, N. D. (2024). Seberapa "Pengaruh" Media, Fasilitas, dan Minat Belajar Terhadap Hasil Belajar Ekonomi Siswa. JPTK: Jurnal Penelitian Tindakan Kelas, 1(3), 180-188. https://doi.org/10.61650/jptk.v1i3.285

Mukhadis, A. (2021). *Pendekatan Kuantilatif dalam Penelitian Pendidikan: Dialektika Prosedur Penelitian Mixed Methods*. Malang: Media Nusa Creative (MNC Publishing).

Pratama, A., Faroqi, A., & Mandyartha, E. P. (2022). Evaluation of User Experience in Integrated Learning Information Systems Using User Experience Questionnaire (UEQ). *Journal of Information Systems and Informatics*, *4*(4), 1019–1029. https://doi.org/10.51519/journalisi.v4i4.394

Puspasari, R. (2019). Pengembangan Buku Ajar Kompilasi Teori Graf dengan Model Addie. *Journal of Medives : Journal of Mathematics Education IKIP Veteran Semarang*, *3*(1), 137. https://doi.org/10.31331/medivesveteran.v3i1.702

Rohmiasih, C., Rohmiati, C., & Sartika, S. (2023). Pemanfaatan Media Pembelajaran Canva Sebagai Upaya Mewujudkan Transformasi Pendidikan. *Prosiding Seminar Nasional*, 1(1), 69–73.

Rosaline, N., Julianto, I. N. L., & Mudra, I. W. (2024). Media Pembelajaran Interaktif Smart Finger Tenses Berbasis Website untuk Siswa Sekolah Menengah Pertama di Badung. *ANDHARUPA: Jurnal Desain Komunikasi Visual & Multimedia*, *9*(4), 578–596. https://doi.org/10.33633/andharupa.v9i4.9172

Satriani, E., & Pryanti, D. (2024). Pelatihan Desain E-Modul Berbasis Aplikasi Heyzine Flipbook bagi Guru SMK YAPIM Pekanbaru. *Jurnal Pengabdian UNDIKMA*, *5*(2), 229. https://doi.org/10.33394/jpu.v5i2.10450

Schrepp, M., Hinderks, A., & Thomaschewski, J. (2017). Construction of a Benchmark for the User Experience Questionnaire (UEQ). *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, *4*(4), 40. https://doi.org/10.9781/ijimai.2017.445

Suendri, S., & Novita, N. (2018). Implementasi Plugin Mathjax Untuk Menampilkan Equation Interaktif Pada Media Pembelajaran Matematika Berbasis Web Menggunakan Cms Wordpress.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

AXIOM : Jurnal Pendidikan Dan Matematika, 7(1), 10–17. https://doi.org/10.30821/axiom.v7i1.1763

Sugara, H., & Mutmainnah, F. (2020). Peran Guru Ppkn Dalam Membangun Karakter Bangsa Sebagai Respon Dan Tantangan Abad Ke-21. *Buana Pendidikan: Jurnal Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan*, *16*(29), 16–30. https://doi.org/10.36456/bp.vol16.no29.a2266

Sugiyono. (2019). *Metodologi Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta

Wahono, R. S. (2006). Aspek dan kriteria penilaian media pembelajaran. Retrieved from https://romisatriawahono.net/2006/06/21/aspek-dan-kriteria-penilaian-media-pembelajaran

Wardani, D. A. W. (2023). Problem Based Learning: Membuka Peluang Kolaborasi dan Pengembangan Skill Siswa. *Jawa Dwipa: Jurnal Penelitian dan Penjaminan Mutu*, 4(1), 1–17.

Widiadnyana, P., Liandana, M., & Dwipayana, I. B. B. (2024). Analisis Motivasi Belajar Siswa terhadap Pengenalan Algoritma dan Pemrograman pada Kurikulum Merdeka. *Indo-MathEdu Intellectuals Journal*, *5*(2), 2188–2193. https://doi.org/10.54373/imeij.v5i2.1011

Witasari, R. (2023). Belajar dan Pembelajaran dari Perspektif Teori Kognitif, Behaviorisme, Konstruktivisme, dan Sosiokultural. *Basica*, 3(2), 257–268. https://doi.org/10.37680/basica.v3i2.5764

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Upaya Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematika pada Peserta Didik Autisme melalui Explicit Instruction dengan Media Permainan Edukatif

Anjelly Agustia
Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
Coresponding Author: anjellyagustia02@gmail.com

Abstrak, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas pembelajaran Explicit Instruction berbantuan alat permainan edukatif dalam meningkatkan pemahaman konsep matematika peserta didik penyandang autisme. Subjek penelitian adalah 10 siswa kelas VII, dengan metode penelitian terdiri dari dua siklus, masing-masing empat pertemuan. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman konsep matematika. Pada tes awal, rata-rata nilai siswa hanya 35 (kategori sangat rendah) tanpa ada yang mencapai ketuntasan. Setelah siklus I, rata-rata meningkat menjadi 54,99, dengan 30% siswa mencapai ketuntasan. Pada siklus II, pemahaman siswa mencapai kategori sangat baik, dengan rata-rata 86,65, dan 90% siswa mencapai ketuntasan. Indeks N-gain sebesar 0,7034 menunjukkan peningkatan yang tinggi. Kesimpulannya, Explicit Instruction dengan alat permainan edukatif terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep matematika bagi peserta didik penyandang autisme.
Kata Kunci: pemahaman konsep matematika, explicit instruction, alat permainan edukatif

Abstract, *this study aims to examine the effectiveness of Explicit Instruction assisted by educational games in enhancing the mathematical concept comprehension of students with autism. The research subjects consisted of 10 seventh-grade students, with the study conducted in two cycles, each comprising four sessions. The results indicate a significant improvement in students' conceptual understanding of mathematics. In the pre-test, the average score was only 35 (categorized as very low), with no students achieving mastery. After Cycle I, the average score increased to 54.99, with 30% of students reaching mastery. By Cycle II, students' comprehension had improved to the very good category, with an average score of 86.65 and 90% of students meeting the mastery criteria. The N-gain index of 0.7034 indicates a high level of improvement. In conclusion, Explicit Instruction assisted by educational games has been proven effective in enhancing the mathematical concept comprehension of students with autism.*
Keywords: *concept understanding, explicit instruction, educational game tools*

Citation : Agustia, A. (2024). Upaya Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematika pada Peserta Didik Autisme melalui Explicit Instruction dengan Media Permainan Edukatif. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 536 – 544.

PENDAHULUAN

Semakin tinggi pendidikan maka akan semakin tinggi pula pengetahuan yang akan didapatkan. Pendidikan memegang peranan penting dalam meningkatkan sumber daya menusia yang unggul, dalam upaya menghadapi tantangan perubahan dan perkembangan zaman yang semakin meningkat tajam, dengan demikian kemajuan system pendidikan suatu Negara akan memberikan dampak yang signifikan pada kemajuan negara tersebut (Amalia, 2020). Pendidikan merupakan pilar utama dalam perkembangan individu, tidak hanya di peruntukkan bagi anak normal tetapi juga anak-anak berkebutuhan khusus. Anak berkebutuhan khusus adalah istilah yang mengacu pada anak-anak ayang memiliki kebutuhan pendidikan khusus yang berbeda dari anak-anak biasa.

Anak berkebutuhan khusus adalah anak yang dalam proses pertumbuhan atau perkembangan mengalami kelainan atau penyimpangan fisik mental-intelektual sosial atau emosional dibanding dengan anak-anak lain seusianya, sehingga mereka memerlukan pelayanan khusus (Anindhito, 2020).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Anak berkebutuhan khusus (ABK) merupakan anak yang tumbuh dan berkembang dengan memiliki segenap perbedaan dibandingkan dengan anak-anak pada umumnya. Anak berkebutuhan khusus juga tidak selalu merujuk pada anak yang memiliki kekurangan, namun termasuk dalam kategori anak kebutuhan khusus adalah anak cerdas istimewa dan bakat istimewa (CiBi) yang tentunya kondisi tersebut juga memerlukan penanganan yang berbeda dengan anak pada umumnya (Amanullah, 2022). Dalam konteks pendidikan, khususnya di Indonesia anak berkebutuhan khusus di kategorikan dalam beberapa ketegori salah satunya adalah autisme.

Autisme adalah gangguan perkembangan pada anak yang gejalanya sudah timbul sebelum anak itu mencapai usia tiga tahun. Peserta didik dengan autisme menghadapi berbagai tantangan dalam upaya memenuhi kebutuhan tersebut karena keterlambatan perkembangan kecerdasan mereka. Anak-anak autisme menghadapi banyak kesulitan dalam proses pembelajaran mereka, salah satunya adalah dalam memahami konsep matematika. Anak-anak penyandang autisme sering mengalami kesulitan dalam belajar matematika karena perbedaan dalam pemrosesan informasi dan interaksi dengan lingkungan mereka. Beberapa dari mereka mungkin memiliki kemampuan matematika yang luar biasa, sementara yang lain mungkin mengalami kesulitan yang signifikan.

Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan peneliti pada anak dengan gangguan autisme kelas VII di SLB Negeri Stabat, kenyataannya kemampuan subyek dalam memahami konsep angka masih rendah dilihat dari nilai prestasi belajar dibawah kriteria ketuntasan minimal. Subyek masih sering melakukan kesalahan dalam mengidentifikasi angka 1-10, contohnya ketika guru memberikan tugas untuk mengurutkan angka 1- 10 anak masih sering ragu-ragu dan hanya menebak-nebak dalam menyelesaikannya, hal ini dikarenakan anak belum memahami konsep angka dengan baik sehingga masih banyak mendapat bantuan verbal maupun non verbal dari guru.

Pengenalan konsep lambang bilangan/angka kepada anak sebaiknya melalui kegiatan yang menyenangkan dan bermakna, sehingga anak tidak bosan dan memahami makna dari simbol angka tersebut. Guru mempunyai peranan sangat besar dalam proses kegiatan belajar mengajar dan diharapkan dapat memilih serta menggunakan metode maupun media pembelajaran yang tepat dalam setiap kegiatannya. Salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan pembelajaran *Explicit Instruction.* Menerapkan model pembelajaran *explicit instruction* memiliki potensi yang besar untuk meningkatkan pemahaman konsep matematika bagi peserta didik penyandang autisme. Pendekatan ini menggabungkan elemen struktur yang jelas, interaksi fisik, dan permainan untuk membuat pembelajaran lebih menarik dan mudah dipahami oleh siswa dengan autisme.(Dan et al., 2023).Kegiatan pembelajaran mengenal konsep lambang bilangan di SLB sebaiknya melalui kegiatan yang menarik, menyenangkan, bervariasi, dan kreatif, seperti melalui kegiatan bermain sambil belajar, kegiatan tersebut dapat melalui kegiatan bermain pancing angka. Dengan kegiatan bermain pancing angka diharapkan dapat mempermudah anak dalam mengenal konsep lambang bilangan secara sederhana. Kegiatan pembelajaran dengan bermain pancing angka dengan media kartu angka yang mempunyai variasi gambar, warna, dan disertai lambang bilangan diharapkan dapat memberi stimulasi bagi perkembangan kognitif dan dapat meningkatkan kemampuan mengenal konsep bilangan pada anak.

Selain itu peran orangtua dalam membantu anak untuk mencapai perkembangan dan pertumbuhan optimal sangat menentukan. Begitupula Guru pendamping anak autisme memiliki peran ganda, yaitu membantu anak menguasai tugas akademis dan membantu anak berkembang sesuai tahapan perkembangan yang seharusnya. Begitupun dengan keterlibatan masyarakat dalam usaha membantu anak autisme dalam berbagai hal, khususnya dalam masalah pemberian pendidikan,

pelatihan, dan bimbingan dibidang pendidikan, sosial, karier, pribadi, dan keterampilan, sensorik dan motorik sangat besar peranannya.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian tindakan kelas (*Classroom Action Research*), yaitu penelitian tindakan (*action research*) yang terdiri dari tahap perencanaan (*planning*), pelaksanaan (*action*), observasi (*observation*) dan refleksi, dilakukan secara kolaboratif dengan guru kelas untuk memecahkan masalah-masalah pembelajaran dan meningkatkan mutu dan hasil dikelas melalui suatu tindakan tertentu dalam siklus melalui pendekatan pembelajaran berbasis visual yakni terkait dengan anak autisme (Maliasih et al., 2017). Subjek adalah peserta didik kelas VII SMPLB Negeri Stabat tahun ajaran 2023/2024 yang berjumlah 10 orang. Yang menjadi objek dalam penelitian ini adalah Kemampuan Pemahaman Konsep Matematika Pada Peserta Didik Penyandang Autisme Menggunakan Pembelajaran *Explicit Instruction* Berbantuan Alat Permainan Edukatif Di SMPLB Negeri Stabat.

Berdasarkan dengan jenis penelitian ini yaitu penelitian tindakan kelas maka penelitian ini memuat beberapa tahap dalam pelaksanaannya yang merupakan suatu siklus. Setiap siklus dilakukan berdasarkan perubahan yang ingin dicapai. Pada penelitian ini jika pada siklus I tidak berhasil (kegiatan belajar mengajar tidak berjalan lancar seperti yang diharapkan dan kemampuan pemahaman konsep matematika peserta didik belum mencapai apa yang ditargetkan) maka akan dilaksanakan siklus II dan siklus akan selesai/berhenti jika peserta didik sudah mampu pemahaman konsep matematika pada setiap aspek sesuai dengan apa yang telah ditargetkan. Dalam penelitian ini, setiap siklus akan dilakukan sebanyak 4 kali pertemuan. Instrumen yang digunakan pada penelitian tindakan ini ada dua jenis instrumen tes dan instrumen non tes, untuk instrumen non tes berupa lembar obsevasi, dokumentasi dan wawancara.

Tingkat pemahaman dikategorikan sebagai Baik Sekali (81–100%), Baik (61–80%), Kurang (41–60%), dan Kurang Sekali (<41%) (Arikunto & Jabar, 2009). analisis data hasil tes pemahaman konsep mengikuti langkah-langkah; (1) mengklasifikasikan setiap butir soal berdasarkan indikator pemahaman konsep; (2) menentukan skor berdasarkan hasil klasifikasi; (3) menghitung rata-rata pencapaian tiap indikator menggunakan persamaan (1); (4) menghitung persentase pencapaian tiap indikator pemahaman konsep dengan persamaan (2); dan (5) menghitung rata-rata persentase pemahaman konsep peserta didik dengan persamaan (3).

$$X = \frac{\text{jumlah skor pencapaian per indikator}}{\text{banyaknya peserta didik}} \quad (1)$$

$$Y_n = \frac{X}{\text{jumlah skor pencapaian per indikator}} \text{ x } 100\% \quad (2)$$

$$Z = \frac{\sum Y_n}{\text{jumlah indikator}} \quad (3)$$

Setelah diperoleh rata-rata persentase pemahaman konsep peserta didik (Z) kemudian peneliti menentukan kriteria dari rata-rata persentase tingkat pemahamannya.

Selain dengan melihat persentase tiap-tiap indikator, untuk mengetahui peningkatan pemahaman dapat dilihat melalui ketuntasan belajar secara klasikal. Hasil belajar dianalaisis dengan teknik analisis evaluasi untuk mengetahui ketuntasan belajar peserta didik dan persentase hasil belajar peserta didik kemudian akan dibandingkan dengan Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) yang sudah ditentukan. Peserta didik disebut tuntas belajar jika telah mencapai skor ≥ 70 . Untuk mengetahui hasil ketuntasan secara klasikal, digunakan persamaan (4).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

$$PKK = \frac{Banyak\ peserta\ didik\ memperoleh\ nilai\ \geq 70}{Jumlah\ keseluruhan\ peserta\ didik}\ x\ 100\% \quad (4)$$

Menurut Trianto, (2009:241) yaitu suatu kelas dikatakan tuntas belajarnya (ketuntasan klasikal) jika dalam kelas tersebut terdapat ≥ 85% peserta didik yang telah tuntas belajarnya

Uji gain adalah cara pengujian yang bertujuan untuk mengetahui gambaran secara umum peningkatan hasil belajar antara sebelum dan sesudah pembelajaran. Peneliti dapat melihat selisih perbedaan skor kemampuan peserta didik, baik dalam bentuk peningkatan maupun penurunan yang terjadi pada hasil belajar peserta didik. Uji gain dapat dihitung menggunakan persamaan Hake persamaan (5) (Supriadi, 2021:180).

$$\mathrm{N-Gain(g)} = \frac{\text{skor postest} - \text{skor pretest}}{\text{skor ideal} - \text{skor pretest}} \quad (5)$$

Hasil dari perhitungan menggunakan rumus N-Gain tersebut kemudian diinterpretasikan ke dalam Kualifikasi N-Gain terdiri dari Tinggi (g ≥ 0,7), Sedang (0,30 – 0,69), dan Rendah (g < 0,30) (Supriadi, 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa pemahaman konsep peserta didik pada materi mengenal lambang bilangan melalui penggunaan *explicit instruction* berbantuan alat permainan edukatif telah mencapai target keberhasilan. Pada pemberian tes awal kepada peserta didik yang bertujuan untuk melihat seberapa jauh pemahaman konsep matematika mereka. Dari tes awal di kelas VII diperoleh rata-rata kelas hanya 34,99 yang berada pada kategori kurang sekali serta tidak ada peserta didik (0%) yang tuntas secara klasikal. Setelah diberikan tindakan pada siklus I melalui penggunaan *explicit instruction* berbantuan alat permainan edukatif, rata-rata nilai kelas pengalami peningkatan. Setelah tes pemahaman konsep I diperoleh rata-rata kelas sebesar 54,99 dengan kategori kurang. Serta 3 dari 10 peserta didik (30%) yang tuntas secara klasikal. Dari data yang telah didapatkan, memang telah terjadi peningkatan pada siklus I dibandingkan dengan tes awal. Namun, kriteria keberhasilan yang diinginkan belum tercapai yakni rata-rata kelas berada pada (61 – 80%) dengan kategori baik dan 85% peserta didik mendapat nilai ≥ 70.

Penelitian berlanjut pada siklus II yang merupakan perbaikan dari siklus I, dengan pencapaian rata-rata tes pemahaman konsep sebesar 86,65 dengan kategori baik sekali serta ketuntasan peserta didik secara klasikal 9 dari 10 peserta didik (90%) telah mendapat nilai ≥70. Pada akhir siklus II juga diketahui terjadinya peningkatan kemampuan pemahaman konsep yang ditandai dengan perolehan skor n-gain yang berada pada angka 0,70 dengan kategori tinggi. Selain meningkatnya pemahaman konsep peserta didik secara klasikal, pada setiap siklus juga terlihat meningkatnya tiap-tiap indikator dari pemahaman konsep yang diukur. Adapun persentase tiap-tiap indikator pemahaman konsep peserta didik mulai dari tes awal sampai tes pemahaman konsep siklus II senantiasa meningkat. Hasil yang dicapai telah sesuai untuk memenuhi indikator keberhasilan yang telah ditetapkan, yakni persentase rata-rata per indikator berada pada (61-80%) dengan kategori baik.

Dengan menggunakan model *explicit instruction* berbantuan alat permainan edukatif pada proses pembelajaran juga berjalan dengan baik. Hal tersebut terlihat dari hasil penilaian aktivitas guru dan peserta didik dari siklus I dan siklus II. Pada siklus I kegiatan pembelajaran, nilai aktivitas peserta didik memperoleh rata – rata 63,33% dengan kategori baik. Begitu juga dengan nilai rata-rata pada siklus II yaitu 87,5% dengan kategori baik. Hasil penilaian yang dicapai peserta didik berbanding lurus dengan penilaian aktivitas guru. Pada siklus I nilai rata-rata aktivitas guru berada pada angka

79% dengan kategori baik. Hal tersebut berlanjut sampai pelaksanaan siklus II dan mengalami peningkaatan menjadi 88,33% dengan kategori baik sekali.

Untuk mengetahui peningkatan pemahaman konsep peserta didik pada siklus II digunakan normalisasi Gain dengan menggunakan nilai tes kemampuan siklus I dan tes pemahaman konsep siklus II. Adapun peningkatan kemampuan pemahaman konsep matematika peserta didik pada ketiga indikator sebesar 0,7034 dalam kategori tingi. Berdasarkan hasil tes pemahaman konsep II dapat dilihat terjadi peningkatan nilai dari tes kemampuan pemahaman konsep I. Pada tes siklus II secara klasikal diperoleh 9 peserta didik (90%) telah mencapai kriteria lulus dengan rata-rata 89. Sehubungan dengan peningkatan pemahaman konsep yang telah tercapai, maka pelaksaan pembelajaran pada siklus selanjutnya telah diberhentikan.

Hasil penelitian ini tidak jauh berbeda dengan beberapa penelitian yang telah diidentifikasi sebelumnya, seperti penelitian yang dilakukan oleh Menolok Astutik tahun (2010) denagn judul "Peningkatan Pemahaman Konsep Bilangan pada Anak Kelompok A melalui Aktivitas Bermain Benda Lingkungan Sekitar di Taman Kanak-Kanak Mawar Indah 2 Kota Batu" Hasil dari penelitian yang dilakukan oleh Menolok Astutik dapat ditarik kesimpulan bahwa melalui aktivitas bermain benda lingkungan sekitar dapat meningkatkan pemahaman konsep bilangan pada anak. Peningkatan tersebut ditunjukkan dengan adanya peningkatan pemahaman konsep bilangan pada saat sebelum dan setelah pelaksanaan tindakan. Terlihat terjadinya peningkatan nilai rata-rata kemampuan pemahaman konsep, pada tes pertama dengan nilai 71,52, tes kedua dengan nilai 77,00, dan tes ketiga dengan nilai 82,45.

Dalam penelitian lain oleh Irfatul Ulum tahun (2015) denagn judul "Peningkatan Pemahaman Konsep Bilangan Melalui Permainan Memancing Angka pada Anak Kelompok A di RA Masyithoh Kalisoka Triwidadi Pajangan Bantul" Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa permainan memancing angka dapat meningkatkan permainan memancing angka dapat meningkatkan pemahaman konsep bilangan pada anak. Sebelum dilaksanakan tindakan dapat diketahui bahwa pemahaman konsep bilangan anak baru mencapai persentase sebesar 49,58%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemahaman konsep bilangan anak baru berada pada kriteria cukup. Pada pelaksanaan siklus I, pemahaman konsep bilangan anak meningkat menjadi 72,08% dengan kriteria baik. Karena pelaksanaan siklus I belum mampu untuk mencapai kriteria keberhasilan yang 59 ditetapkan peneliti, peneliti melaksanakan perbaikan melalui siklus II. Setelah pelaksanaan siklus II, pemahaman konsep bilangan anak meningkat ditunjukkan dengan persentase sebesar 82,50%. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa pemahaman konsep bilangan anak telah mencapai kriteria keberhasilan yang diharapkan peneliti, yakni telah mencapai kriteria sangat baik.

Dalam penelitian lain yakni Nidia Triwulandari pada tahun (2022) "Pengaruh permainan pakasi (pancing angka edukasi) terhadap kemampuan megenal konsep bilangan 1-10 pada kelompok a di tk harapan blajo kalitengah lamongan" Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa permainan Pakasi (Pancing Angka Edukasi) berpengaruh terhadap kemampuan mengenal konsep bilangan 1-10 pada kelompok A TK Harapan Blajo Kalitengah Lamongan. Pengaruh iniditunjukkan dengan adanya perbedaan perolehan nilai Pre test dan Post test yang meningkat yaitu dari hasil rata-rata Pre test sebesar 11,637 meningkat pada hasil Post test sebesar 18,367. Pada Pre test terdapat 7 dari 11 anak yang masih berkembang (MB) dan hasil nilainya masih rendah. Kemudian pada Post test 7 dari 10 peningkatan dan hampir 11anak berkembang sesuai harapan (BSH) dan berkembang sangat baik.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pada penelitian lain yang berjudul "penerapan model pembelajaran *explicit instruction* berbantuan media gambar terhadap pemahaman matematik siswa" oleh siti kholisah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk pembelaran Explicit Instrction. Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimen. Berdasarkan hasil pengolahan data, maka diperoleh gambaran aktifitas siswa dan guru dengan menggunakan model pembelajaran *Explicit Instruction* berbantuan media gambar menunjukkan peningkatan yang baik. Hal ini terlihat pada peningkatan persentase untuk tiap pertemuan; perbedaan peningkatan dan pencapaian kemampuan pemahaman matematik siswa yang mendapatkan model pembelajaran dengan siswa yang mendapatkan model pembelajaran konvensional, didapatkan bahwa model pembelajaran *Explicit instruction* lebih baik daripada model pembelajaran konvensional; berdasarkan uji ANOVA dua jalur didapatkan bahwa jika ditinjau dari kategori pengetahuan awal matematika (tinggi, sedang dan rendah) siswa dengan kategori tinggi pada kelas eksperimen lebih baik dari siswa yang kategori tinggi pada kelas kontrol, siswa dengan kategori sedang pada kelas eksperimen lebih baik dari siswa kategori sedang pada kelas kontrol, begitupun dengan kategori rendah pada kelas eksperimen lebih baik dari kategori rendah pada kelas kontrol. Maka, dapat dikatakan bahwa faktor pengetahuan awal matematika siswa memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan dan pencapaian kemampuan pemahaman matematika siswa. Sikap siswa terhadap pembelajaran matematika, terhadap model pembelajaran *explicit instruction* berbantuan media gambar, dan terhadap soal kemampuan pemahaman matemtika secara umum adalah baik

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat dikatakan bahwa dengan menggunakan model explicit teaching berbantuan alat permainan edukatif merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kemampuan pemahaman konsep peserta didik. Pembelajaran dengan model *explicit instruction* salah satu pendekatan yang efektif digunakan untuk meningkatkan pemahaman konsep matematika. Model ini sering dikenal dengan pengajaran langsung dan sangat terstruktur, di mana guru secara eksplisit memberikan instruksi yang jelas dan terarah kepada siswa. Tujuannya adalah memastikan bahwa siswa memahami konsep yang diajarkan secara mendalam.

Proses penemuan yang terjadi pada peserta didik akan melewati proses analisis informasi, pengajuan pertanyaan, setelah itu pembenaran hipotesis. Proses-proses ini akan membantu mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan kemampuan pemecahan masalah. Peserta didik yang menemukan konsep sendiri cenderung membuat hubungan yang lebih kuat antara konsep yang telah mereka ketahui dengan konsep yang baru ditemukan. Hal ini akan membuat pemahaman secara mendalam dan konsep baru yang telah didapat akan bertahan dan melekat pada peserta didik. Hal ini akan membuat peserta didik belajar melalui perspektif dan hipotesis pemahaman orang lain.

Adapun kelemahan peneliti selama pembelajaran berlangsung di antaranya: tidak semua peserta didik dapat memahami materi yang diberikan untuk menemukan sendiri konsep, karena sudah terbiasa dengan model pembelajaran sebelumnya. Selain itu masih ada peserta didik yang malu dan kurang aktif dalam memberikan tanggapan untuk menunjukkan bahwa dia paham dengan apa yang dipelajari. Sehingga cukup menyulitkan peneliti dalam menarik kesimpulan apakah peserta didik telah paham atau tidak dengan materi. Dengan demikian berbagai kelemahan dalam penelitian ini masih perlu dikembangkan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data yang diperoleh dalam penelitian tindakan kelas, maka diperoleh beberapa kesimpulan pembelajaran *Explicit Instruction* Berbantuan Alat Permainan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Edukatif dapat meningkatkan pemahaman konsep peserta didik penyandang autism. Hal tersebut terlihat adanya peningkatan pemahaman konsep peserta didik pada siklus II. Pemahaman konsep matematika peserta didik mengalami kenaikan pada siklus II. Hal ini dapat dilihat dari meningkatnya rata-rata pemahaman konsep peserta didik dari tes awal, tes siklus I dan siklus II. Pada tes awal rata-rata pemahaman konsep peserta didik hanya sebesar 34,99 dengan kriteria kurang sekali, namun setelah siklus I berlangung meningkat menjadi 54,99 dengan kriteria kurang, dan kemudian semakin meningkat setelah pelaksanaan siklus II menjadi 86,65 dengan kriteria baik sekali. Menyatakan ulang sebuah konsep menjadi indikator dengan rata-rata tertinggi pada siklus I dengan persentase rata-rata 77,50%. Sementara pada siklus II, mampu membedakan contoh dan non contoh menjadi indikator dengan rata-rata tertinggi dengan persentase rata-rata 90%. Melalui serangkaian tahapan *explicit instruction*, pencapaian indikator-indikator pemahaman konsep menunjukkan hasil yang diharapkan. Pada siklus I, kemampuan peserta didik untuk menyatakan ulang sebuah konsep mencatat persentase tertinggi yakni (77,50%) peserta didik berhasil menguasai indikator ini. Sementara itu, kemampuan untuk Mengklasifikasikan objek menurut sifat-sifat tertentu sesuai dengan konsepnya menjadi indikator terendah dengan tidak ada peserta didik (0%) yang berhasil menguasainya. Oleh karena itu, perbaikan pada siklus II dilakukan dengan fokus penggunaan alat permainan edukatif untuk memperbaiki penguasaan indikator kedua dengan memberikan latihan Tanya jawab. Akibatnya, pada siklus II sebanyak 9 0rang (90%) peserta didik berhasil menguasai indikator tersebut.

Peningkatan pemahaman konsep peserta didik dapat dilihat dari hasil perolehan nilai g pada Normalisasi Gain. Di mana perolehan Normalisasi Gain pada siklus II sebesar 0,7034 yang berada pada kategori tinggi, di mana indikator dengan persentase meningkat paling tinggi adalah mampu membedakan contoh dan non contoh dengan 90% peserta didik telah mampu menguasai indikator tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan Pembelajaran *Explicit Instruction* Berbantuan Alat Permainan Edukatif dapat meningkatkan pemahaman konsep peserta didik penyandang autism.

DAFTAR PUSTAKA

Abyadh, A., & Abyadh, A. (2023). Kata kunci : Perkembangan Kognitif, Anak Usia Dini COGNITIVE DEVELOPMENT IN EARLY CHILDHOOD Martini. *Masganti Sitorus Prodi PIAUD UIN Sumatera Utara*, *6*(1), 41–50.

Agustin, W. (2017). *Peningkatan Kemampuan Kognitif Melalui Permainan Memancing Angka Pada Anak Kelompok B Tk Pembina Putra Surabaya*.

Aini, N. (2022). Analisis Pemahaman Konsep Matematika Anak Berkebutuhan Khusus Tipe Learning Disabilities Pada Topik Geometri. *Pi: Mathematics Education Journal*, *5*(1), 46–58. https://doi.org/10.21067/pmej.v5i1.6926

Amalia, M. U. dan R. (2020). "Proses Pembelajaran Matematika pada Anak Berkebutuhan Khusus (Autisme) di Sekolah Inklusif" Journal On Teaching Education. *Journal On Teaching Education*, *1*(2), 9–19.

Amanullah, A. S. R. (2022). Mengenal Anak Berkebutuhan Khusus: TunaGrahita,Down Syndrom Dan Autisme. *Jurnal Almurtaja: Jurnal PendidikanIslamAnak Usia Dini*, *1*(1), 1–14. http://ejournal.iai-tabah.ac.id/index.php/almurtaja/article/view/1793/1113

Anindhito, Y. L. A. (2020). Pengembangan Model Permainan Olahraga Freeball pada Pembelajaran Penjas Adaptif Anak Tunagrahita di SLB Se-Kabupaten Kendal. *Journal of Sport Coaching and Physical Education*, *5*(1), 68–75.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Aprilia, T., Yuliati, N., & Saputri, S. W. D. (2021). Analisis Karakteristik Perkembangan Kognitif Anak Autis Usia 5-6 Tahun. *JECER (Journal Of Early Childhood Education And Research)*, *2*(2), 37. https://doi.org/10.19184/jecer.v2i2.18867

Dan, G., Kelas, B., & Smp, V. (2023). *PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE EXPLICIT INTRUCTION UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP PADA MATERI GETARAN ,*. *5*(2), 185–199.

Fauziyyah, A. N., Rusijono, R., & Susarno, L. H. (2023). Media Pembelajaran Pengenalan Lambang Bilangan Pada Anak Usia 4-6 Tahun: Kajian Literatur. *Jurnal Ilmiah Mandala Education*, *9*(1), 642–649. https://doi.org/10.58258/jime.v9i1.4730

Ikhwan, L. N. (2018). *Efektivitas Metode Permainan Edukatif Terhadap Hasil Belajar Matematika Kelas Ii Sd Negeri Demakijo 1 Effectiveness of Educative Games on Mathematics Learning Result in*.

La-sule, S., Wondal, R., & Mahmud, N. (2021). Pemanfaatan Media Pohon Angka Untuk Mengenal Konsep Bilanganpada Anak Usia Dini. *Jurnal Ilmiah Cahaya Paud*, *3*(1), 23–35. https://doi.org/10.33387/cp.v3i1.2130

Lathifah, H. (2016). *the Improvement of Ability To Knowing the Numbers Through Educational Game "Number Fishhook" in Child With Autistic Grade Vii in Slb Autisma Dian Amanah*.

M. Chotibuddin. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran Explicit Instruction Dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Pendidikan Agama Islam Kelas VIII di Sekolah Menengah Pertama Muhammadiyah 25 Paciran. *Jurnal Pendidikan Islam*, *9*(1), 37–45. https://doi.org/10.37286/ojs.v9i1.217

Maliasih, Hartono, & Nurani, P. (2017). Upaya Meningkatkan Motivasi Belajar dan Hasil Belajar Kognitif Melalui Metode Teams Games Tournaments dengan Strategi Peta Konsep Pada Siswa SMA. *Jurnal Profesi Keguruan*, *3*(2), 222–226.

Maziyyah, H. T., Mutmainah, H. H., Nafiqoh, H., & Rohmalina. (2020). Meningkatkan Kecerdasan Logika Matematika AUD dengan Menggunakan Permainan Memancing Angka Pada Kelompok A. *Jurnal Ceria (Cerdas Energik Responsif Inovatif Adaptif)*, *3*(1), 46–51.

Musi, M. A., Sadaruddin, & Mulyadi. (2017). Implementasi Permainan Edukatif Berbasis Budaya Lokal Untuk Mengenal Konsep Bilangan Pada Anak. *Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, *1*(2), 117–128. https://doi.org/doi.org/10.24853/yby.1.2.117-128

Novriyanti, E., Kurniah, N., & Yulisdeni. (2020). Permasalahan Guru dalam Pengelolaan ALat Permainan Edukatif di Kelas. *Jurnal PENA PAUD*, *1*(1), 27–39.

Permadi, K. S., & Dewi, P. Y. A. (2022). Esensi Permainan Playdough Dapat Meningkatkan Kemampuan Kognitif Anak Usia Dini. *Widya Kumara: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, *3*(1), 41. https://doi.org/10.55115/widyakumara.v3i1.2071

Praja, E. S., Setiyani, S., Kurniasih, L., & Ferdiansyah, F. (2021). Analisis Kemampuan Pemahaman Matematis Siswa Smk Kelas Xi Pada Materi Vektor Selama Pandemi Covid-19. *Teorema: Teori Dan Riset Matematika*, *6*(1), 12. https://doi.org/10.25157/teorema.v6i1.4539

Rahayu, Y., & Pujiastuti, H. (2018). Indikator Pemahaman Konsep. *Symmetry: Pasundan Journal of Research in Mathematics Learning and Education*, *3*(2), 93–102. https://journal.unpas.ac.id/index.php/symmetry/article/view/1284

Rosidah, A. K., Hashipah, H., Arifah, W. T., & Sianturi, R. (2023). Analisis dan Pemanfaatan Alat Permainan Edukatif (APE) Outdoor di TK Negeri Pembinan Kota Tasikmalaya. *Jurnal Usia Dini*, *9*(1), 1. https://doi.org/10.24114/jud.v9i1.47814

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Rusdani, N., A, T. T. W., & Sholihah, W. (2022). *Strategi Pembelajaran Matematika Bagi Siswa Dengan Autisme Berat*. *12*, 59–63.

Rusman, V. F. A., Maryam, M., & Ilmi, N. (2021). Penerapan Model Explicit Instruction Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Sekolah Dasar Kelas Empat Di Kabupaten Barru. *PINISI: Journal Of Education*, *1*(2), 76–92. https://ojs.unm.ac.id/PJE/article/view/27115/0

Rustami, S., & Taufan, J. (2022). Meningkatkan Kemampuan Mengenal Lambang Bilangan 1 Sampai 5 Menggunakan Media Balok Cuisenaire Bagi Anak Tunagrahita Ringan. *Edukatif : Jurnal Ilmu Pendidikan*, *4*(3), 3947–3951. https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i3.2769

Shunhaji, A., & Fadiyah, N. (2020). Efektivitas Alat Peraga Edukatif (APE) Balok Dalam Mengembangkan Kognitif Anak Usia Dini. *Alim | Journal of Islamic Education*, *2*(1), 1–30. https://doi.org/10.51275/alim.v2i1.157

Triwulandari Nidia, S. S. (2022). Pengaruh permainan pakasi (pancing angka edukasi) terhadap kemampuan megenal konsep bilangan 1-10 pada kelompok a di tk harapan blajo kalitengah lamongan. *Urnal PAUD Teratai. Volume 11 Nomor 1 Tahun 2022 Halaman 162-169ISSN 2302-7363*, *11*, 162–169.

Viera Valencia, L. F., & Garcia Giraldo, D. (2019). 済無No Title No Title No Title. *Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952.*, *2*.

Astutik, M. (2010). Peningkatan pemahaman konsep bilangan pada anak kelompok A . Melalui aktivitas bermain benda lingkungan sekitar di Taman kanak – kanak Mawar Indah 02 Sidomulyo – Kota Batu.

Supriadi, Gito. (2021). Statistik Penelitian Pendidikan. Yogyakarta: UNY Press Suryani, K., Utami, I. S., Khairudin, K., Ariska, A., & Rahmadani, A. F. (2020). Pengembangan Modul Digital berbasis STEM menggunakan Aplikasi 3D FlipBook pada Mata Kuliah Sistem Operasi. Mimbar Ilmu, 25(3),358367.https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/MI/article/view/28702.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Analisis Perbandingan Proporsionalitas Metode Andre Sainte-Lague dan Modifikasinya pada Alokasi Kursi Pemilu Legislatif DPR RI Jawa Tengah 2024

Devika Arsinta Fourindira [1*], Sutanto[2]
[1, 2]Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret, Indonesia
**Coresponding Author:devikaarsinta21@student.uns.ac.id*

Abstrak, pemilu legislatif merupakan salah satu hal utama dalam proses demokrasi di Indonesia. Pada pemilu legislatif 2024, partai politik harus memperoleh ambang batas minimal 4% dari total suara sah nasional untuk mendapatkan kursi di parlemen. Salah satu metode dalam perhitungan alokasi kursi legislatif adalah Andre Sainte-Lague yang menggunakan bilangan pembagi tetap berupa bilangan ganjil. Pada penelitian ini ditentukan algoritme untuk perhitungan alokasi kursi DPR RI menggunakan metode Sainte-Lague yang dapat menjelaskan proses perhitungan matematis yang lebih jelas. Selain itu, dilakukan juga modifikasi metode Andre Sainte-Lague pada bilangan pembaginya menjadi deret bilangan genap dan fibonacci. Hasil modifikasi ini menunjukkan bahwa metode bilangan pembagi genap dan fibonacci lebih menguntungkan partai besar, sementara metode Andre Sainte-Lague lebih adil dan memberikan peluang bagi partai kecil. Dengan menggunakan LSq Index sebagai alat ukur, menunjukkan bahwa metode Andre Sainte-Lague memberikan proporsionalitas lebih baik dibandingkan metode modifikasi bilangan pembagi genap dan fibonacci dalam konteks alokasi kursi DPR RI Jawa Tengah, ditunjukkan dengan nilai indeks disproposionalitas yang lebih rendah. Dengan penelitian ini dapat memberikan pemahaman tentang pengaruh pemilihan metode terhadap alokasi kursi serta memberikan panduan lebih lanjut dalam menentukan metode alokasi kursi yang paling sesuai dengan prinsip representasi proporsional yang adil dan efektif.
Kata kunci: Alokasi Kursi; Fibonacci; Genap; Metode Andre Sainte-Lague; Tingkat Proporsionalitas

Abstract, *legislative elections are one of the key components in Indonesia's democratic process. In 2024 legislative elections, political parties must achieve a minimum 4% threshold of the total national vote to secure parliamentary seats. One of the methods used to calculate seat allocation is the Andre Sainte-Lague method, which uses fixed odd-number divisors. This study formulates an algorithm for seat allocation in the Indonesian House of Representatives (DPR RI) using the Andre Sainte-Lague method, clarifying the mathematical process. Additionally, the Andre Sainte-Lague method is modified to use even and fibonacci sequence divisors, a change that benefits larger parties, while the Andre Sainte-Lague method is more equitable and allows smaller parties better chances. Using the LSq Index as a measure, the Andre Sainte-Lague method shows better proportionality than the even and fibonacci number divisors modification in DPR RI seat allocation for Central Java, as evidenced by a lower disproportionality index. This study highlights the influence of method choice on seat distribution, providing guidance on selecting the most suitable method for fair and effective proportional representation.*
Keywords: *Seat Allocation, Fibonacci, Even, Andre Sainte-Lague Method, Proportionality Levels*

Citation: Fourindira, D. A. & Sutanto. (2024). Analisis Perbandingan Proporsionalitas Metode Andre Sainte-Lague dan Modifikasinya pada Alokasi Kursi Pemilu Legislatif DPR RI Jawa Tengah 2024. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 545 – 555

PENDAHULUAN

Pemilihan umum (Pemilu) merupakan perwujudan dari pelaksanaan demokrasi yang diadakan untuk memilih wakil-wakil rakyat di berbagai tingkatan pemerintahan, mulai dari presiden, anggota

parlemen, hingga kepala daerah. Pemilihan umum legislatif merupakan salah satu hal utama dalam proses demokrasi di Indonesia. Sejak pertama kali dilaksanakan pada tahun 1955, pemilu legislatif telah mengalami berbagai perubahan dan penyesuaian yang mencerminkan dinamika politik, sosial, dan ekonomi bangsa. Dalam pemilu legislatif, ambang batas parlemen (*parliamentary threshold*) di Indonesia adalah persentase suara minimum yang harus dicapai suatu partai politik dalam pemilu untuk memperoleh kursi di parlemen (Isnaini, 2024). Pada pemilu legislatif DPR RI 2024, akan tetap menerapkan ambang batas parlemen dengan persentase yang sama pada pemilu 2019 yakni 4%, artinya partai politik harus memperoleh minimal 4% dari total suara sah nasional untuk dapat mendudukkan kursinya di DPR RI (Isnaini, 2024). Hal ini bertujuan untuk menjaga keseimbangan antara keberagaman representasi dan stabilitas politik. Partai politik yang tidak mencapai ambang batas ini tidak akan mendapatkan kursi di DPR RI, meskipun mungkin mendapatkan suara yang cukup besar secara keseluruhan.

Dalam sistem pemilihan dengan representasi proporsional, alokasi kursi legislatif diharapkan dapat mencerminkan secara proporsional perolehan suara dari setiap partai politik. Namun, tingkat proporsionalitas bergantung pada metode perhitungan yang digunakan. Menurut Lijphart (2003: 170-179), perbedaan metode dalam sistem representasi proporsional menghasilkan tingkat proporsionalitas yang bervariasi, dimana beberapa metode lebih menguntungkan partai besar, sementara metode lain dapat lebih memberikan kesempatan bagi partai kecil secara adil. Pemilihan metode ini berimplikasi besar pada hasil pemilu, baik dari segi representasi maupun kestabilan politik dalam parlemen (Lijphart, 2003: 170-179). Menurut Gallagher dan Mitchell (2005), formula untuk menghitung indeks disproposionalitas bisa dilakukan dengan menggunakan metode *Least Square Index* (Indeks Gallagher). Nilai indeks yang rendah dan mendekati angka nol menunjukkan bahwa sistem pemilu sangat proporsional, sedangkan nilai indeks yang tinggi menunjukkan tingkat disproporsionalitas yang lebih besar. Sementara itu, untuk mengukur bias metode konversi suara terhadap partai besar maupun partai kecil akan digunakan *advantage ratio* (Taagepera dan Laakso, 1980: 425).

Andre Sainte-Lague merupakan metode perhitungan alokasi kursi anggota legislatif dalam sistem pemilu proporsional di Indonesia. Metode ini pertama kali diperkenalkan pada tahun 1910 oleh seorang matematikawan asal Prancis, yaitu Andre Sainte-Lague. Penggunaan metode Andre Sainte-Lague telah diatur berdasarkan Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2017 tentang Pemilihan Umum. Namun, pada UU tersebut tidak menjelaskan secara rinci langkah-langkah matematis yang digunakan untuk menghitung alokasi kursi setiap partai. Dalam konteks pemilu, metode Andre Sainte-Lague menggunakan bilangan pembagi tetap (BPT) berupa bilangan ganjil untuk membagikan alokasi kursi kepada partai politik atau calon anggota legislatif berdasarkan perolehan suara. Metode Andre Sainte-Lague memiliki beberapa variasi dan terdapat modifikasi yang disesuaikan dengan kebutuhan representasi proporsional di berbagai negara. Salah satunya yaitu modifikasi Sainte-Lague dengan bilangan pembaginya dimulai dari angka 1,4 lalu 3, 5, 7, 9 dan seterusnya. Di Denmark, Webster atau Sainte-Lague dimodifikasi bilangan pembaginnya menjadi 1, 4, 7, 10, 13 dan seterusnya (Kartawidjaja dan Aminuddin, 2014: 153). Selain itu, terdapat juga metode lain dalam perhitungan alokasi kursi, yaitu metode D'Hondt. Pada tahun 1791, Thomas Jefferson memperkenalkan metode Jefferson atau dikenal dengan metode D'Hondt dalam penentuan kursi Dewan Perwakilan Amerika Serikat (Kontanidis, 2019).

Berdasarkan hal tersebut, maka dalam penelitian ini akan menentukan algoritme untuk perhitungan alokasi kursi legislatif DPR RI menggunakan metode Andre Sainte-Lague yang dapat

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

menjelaskan proses perhitungan matematis dengan lebih jelas. Selain itu, akan dilakukan modifikasi metode Sainte-Lague pada bilangan pembaginya menjadi deret bilangan genap dan fibonacci. Bilangan genap dipilih karena sifatnya yang sederhana dan stabil, sedangkan pemilihan bilangan fibonacci didasarkan pada sifat bilangan dalam deret tersebut meningkat dengan cepat seiring bertambahnya urutan bilangan. Modifikasi ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh perubahan bilangan pembagi terhadap alokasi kursi. Penelitian ini diharapkan memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang pengaruh pemilihan metode terhadap alokasi kursi, serta dapat memberikan panduan lebih lanjut dalam menentukan metode alokasi kursi yang paling sesuai dengan prinsip representasi proporsional yang adil dan efektif.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur dan terapan. Pada studi literatur yang dilakukan adalah mempelajari referensi berupa buku, jurnal, skripsi, dan tesis mengenai algoritme metode Andre Sainte-Lague dan modifikasinya untuk memahami secara mendalam prinsip dan penerapannya dalam perhitungan kursi. Pada studi terapan yang dilakukan adalah menerapkan dan menganalisis metode Andre Sainte-Lague dan modifikasi bilangan pembagi genap dan ibonacci pada data sekunder rekapitulasi hasil pemilu legislatif DPR RI tahun 2024 per tanggal 26 Juni 2024 yang bersumber dari Komisi Pemilihan Umum (2024).

Langkah pertama yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah mengumpulkan data sekunder berupa rekapitulasi hasil perhitungan perolehan suara pemilu legislatif DPR RI tahun 2024 Dapil Jawa Tengah yang bersumber dari Komisi Pemilihan Umum. Data tersebut mencakup jumlah perolehan suara sah masing-masing partai politik pada setiap daerah pemilihan beserta distribusi kursi yang akan dialokasikan pada masing-masing daerah pemilihandi Jawa Tengah. Pada daerah pemilihan (dapil) Jawa Tengah terdapat 10 dapil dengan total kursi yang diperebutkan sebanyak 77 kursi. Selanjutnya, menyusun algoritme perhitungan penentuan alokasi kursi DPR RI dengan metode Andre Sainte-Lague yang bisa diterapkan juga untuk metode modifikasinya. Membuat modifikasi pada metode Andre Sainte-Lague dengan mengganti bilangan pembaginya menjadi deret bilangan genap dan fibonacci. Berdasarkan algoritme tersebut, selanjutnya dilakukan perhitungan metode Andre Sainte-Lague dan metode modifikasi bilangan pembagi genap dan fibonacci pada data hasil pemilu legislatif DPR RI Dapil Jawa Tengah menggunakan algoritme perhitungan yang telah ditentukan.

Tahap selanjutnya yaitu melakukan analisis perbandingan antara ketiga metode dari hasil perhitungan yang sudah diperoleh sehingga dapat mengetahui sejauh mana pengaruh perubahan bilangan pembagi terhadap alokasi kursi. Data yang diperoleh dari hasil simulasi perhitungan kursi akan dihitung dengan menggunakan alat ukur berupa indeks *least square* dan *advantage ratio*. Berdasarkan dari perhitungan tersebut, akan diketahui tingkat proporsionalitas dan besaran bias metode alokasi suara terhadap partai besar maupun partai kecil. Selanjutnya dilakukan analisis perbandingan tingkat proporsionalitas antara metode Andre Sainte-Lague Murni dan modifikasinya sehingga dapat diketahui metode yang lebih sesuai untuk menghasilkan alokasi kursi yang proporsional, adil, dan efektif. Dengan adanya penelitian ini diharapkan memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang pengaruh pemilihan metode terhadap distribusi kursi, serta dapat memberikan panduan lebih lanjut dalam menentukan metode alokasi kursi yang paling sesuai dengan prinsip representasi proporsional yang adil dan efektif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Algoritme Metode Andre Sainte Lague

Metode Andre Sainte-Lague adalah metode perhitungan alokasi kursi legislatif dalam sistem pemilu proporsional. Metode ini pertama kali diperkenalkan pada tahun 1910 oleh seorang matematikawan Prancis (Sainte-Lague, 1910). Dalam metode Andre Sainte-Lague, kursi dialokasikan menggunakan bilangan pembagi tetap berupa bilangan ganjil. Berdasarkan Undang-Undang No. 7 tahun 2017 ayat (1) proses perhitungan alokasi kursi menggunakan metode Andre Sainte-Lague, partai politik peserta pemilu harus memenuhi ambang batas perolehan suara paling sedikit 4% dari jumlah suara sah secara nasional untuk diikutkan dalam penentuan perolehan kursi anggota DPR. Berdasarkan UU No. 7 tahun 2017 pasal 414 ayat (2), partai politik peserta pemilu yang tidak memenuhi ambang batas perolehan suara, tidak disertakan pada penghitungan perolehan kursi DPR di setiap daerah pemilihan. Berdasarkan UU No. 7 tahun 2017 pasal 415 ayat (2), untuk penghitungan perolehan kursi DPR, suara sah setiap partai politik yang memenuhi ambang batas perolehan suara dibagi dengan bilangan pembagi 1 dan diikuti secara berurutan oleh bilangan ganjil 3;5;7; dan seterusnya. Berdasarkan UU No. 7 tahun 2017 pasal 420, penetapan perolehan jumlah kursi tiap partai politik peserta pemilu di suatu daerah pemilihan dilakukan dengan ketentuan:

(1) Penetapan jumlah suara sah setiap partai politik peserta pemilu di daerah pemilihan sebagai suara sah setiap partai politik;
(2) Membagi suara sah setiap partai politik peserta pemilu sebagaimana dimaksud pada nomor (1) dengan bilangan pembagi 1 dan diikuti secara berurutan oleh bilangan ganjil 3;5;7; dan seterusnya;
(3) Hasil pembagian sebagaimana dimaksud pada nomor (2) diurutkan berdasarkan jumlah nilai terbanyak;
(4) Nilai terbanyak pertama mendapatkan kursi pertama, nilai terbanyak kedua mendapat kursi kedua, nilai terbanyak ketiga mendapat kursi ketiga, dan seterusnya sampai jumlah kursi di daerah pemilihan habis terbagi.

Berdasarkan penjelasan di atas, diasumsikan V_i adalah jumlah perolehan suara partai ke-i, d adalah bilangan ganjil $(1, 3, 5, \dots)$, dan T adalah total suara yang diperoleh semua partai, $T = \sum_{k=1}^{i} V_k = V_1 + V_2 + \cdots + V_i$, maka probabilitas suatu partai memenangkan kursi adalah $\frac{V_i}{T}$. Jika X adalah matriks probabilitas suatu partai memenangkan kursi dan D adalah matriks bilangan pembagi ganjil, maka matriks hasil bagi perolehan suara dapat ditulis sebagai berikut:

$$A = XD = \begin{bmatrix} \frac{V_1}{T} \\ \frac{V_2}{T} \\ \frac{V_3}{T} \\ \vdots \\ \frac{V_i}{T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{T}{1} & \frac{T}{3} & \frac{T}{5} & \cdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_1}{1} & \frac{V_1}{3} & \frac{V_1}{5} & \cdots & \frac{V_1}{d} \\ \frac{V_2}{1} & \frac{V_2}{3} & \frac{V_2}{5} & \cdots & \frac{V_2}{d} \\ \frac{V_3}{1} & \frac{V_3}{3} & \frac{V_3}{5} & \cdots & \frac{V_3}{d} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{V_i}{1} & \frac{V_i}{3} & \frac{V_i}{5} & \cdots & \frac{V_i}{d} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & \cdots & a_{1j} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & \cdots & a_{2j} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & \cdots & a_{3j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & a_{i3} & a_{i4} & \cdots & a_{ij} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Matriks A merepresentasikan hasil pembagian perolehan suara dengan bilangan ganjil. Selanjutnya, akan ditentukan algoritme untuk menentukan pemenang kursi legislatif pertama hingga ke-n (n adalah jumlah kursi legislatif yang tersedia). Jika ditentukan nilai awal $r_0 = T$, maka untuk menentukan pemenang kursi ke-n, digunakan algoritma berikut untuk iterasi ke-n:

$$r_n = \underset{i,j}{max} \left(A_{i,j}\right) < r_{n-1} \quad (2)$$

$$K_n = i; \underset{i,j}{max}\left(A_{i,j}\right) = r_n \quad (3)$$

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dimana r_n merupakan jumlah perolehan suara partai pemenang kursi ke-n dan K_n merupakan partai pemenang kursi ke-n.

Selanjutnya, dari algoritme tersebut akan dilakukan perhitungan metode Andre Sainte-Lague dalam penentuan alokasi kursi legislatif DPR RI pada data rekapitulasi hasil pemilu legislatif DPR RI Jawa Tengah tahun 2024. Berdasarkan Keputusan Komisi Pemilihan Umum Nomor 1204 (2004), terdapat 8 partai politik yang memenuhi ambang batas sebesar 4% perolehan suara sah secara nasional pemilu anggota DPR RI tahun 2024. Berdasarkan partai-partai yang memenuhi ambang batas tersebut, hasil perolehan suara partai pada pemilu legislatif 2024 DPR RI Dapil Jawa Tengah ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil perolehan suara partai yang memenuhi *parliamentary threshold* pada pemilu legislatif 2024 DPR RI Dapil Jawa Tengah

Dapil	Jumlah Suara							
	PKB	Gerindra	PDIP	Golkar	Nasdem	PKS	PAN	Demokrat
I	205278	201312	646141	243630	129797	218171	126422	176626
II	257110	148023	321034	470328	203402	35390	78639	94082
III	358137	301276	713535	186492	145125	86429	77141	250517
IV	116859	161751	707065	222668	47924	218788	66307	180997
V	132890	302492	774282	335804	123690	197614	134135	130539
VI	416270	232962	702942	218624	147372	128966	101075	165243
VII	264055	191776	386049	142402	183098	189067	192846	124805
VIII	244505	306230	569783	228642	144166	130110	116106	169229
IX	317038	225887	691690	191314	74183	165936	123395	44967
X	360203	207302	333972	408679	123092	122066	121128	35779

Berdasarkan data pada Tabel 1, akan dilakukan perhitungan metode Andre Sainte-Lague pada Dapil I Jawa Tengah. Berdasarkan persamaan (1) maka diperoleh matriks hasil bagi perolehan suara pada Dapil I Jawa Tengah sebagai berikut

$$A = \begin{bmatrix} 205.278 & 68.426 & 41.056 \\ 201.312 & 67.104 & 40.262 \\ 646.141 & 215.380 & 129.228 \\ 243.630 & 81.210 & 48.726 \\ 129.797 & 43.266 & 25.959 \\ 218.171 & 72.724 & 43.634 \\ 126.422 & 42.141 & 25.284 \\ 176.626 & 58.875 & 35.325 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya, berdasarkan algoritme pada persamaan (2) dan (3) akan dihitung alokasi kursi DPR RI Dapil Jawa Tengah berikut. Untuk menentukan pemenang kursi pertama, ditentukan nilai awal $r_0 = 1.947.377$, maka $r_1 = \overset{max}{i,j}(A_{ij}) = a_{31} = 646.141 < 1.947.377$, $K_1 = i; \overset{max}{i,j}(A_{ij}) = r_1 = a_{31}$=3. Jadi, pemenang kursi pertama adalah partai ketiga, yaitu Partai Demokrasi Indonesia Perjuangan (PDIP). Selanjutnya, dihitung $\sum k_i = 0 + 0 + 1 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 1 < 8 = k$. Karena alokasi kursi belum terpenuhi, maka proses iterasi akan berlanjut. Kemudian untuk menentukan pemenang kursi kedua, $r_2 = \overset{max}{i,j}(A_{ij}) = a_{41} = 243.630 < 646.141$, $K_2 = i; \overset{max}{i,j}(A_{ij}) = r_2 = a_{41}$=4. Jadi, pemenang kursi kedua adalah partai keempat, yaitu Partai Golongan Karya (GOLKAR). Selanjutnya, dihitung $\sum k_i = 0 + 0 + 1 + 1 + 0 + 0 + 0 + 0 = 2 < 8 = k$. Karena alokasi kursi belum terpenuhi, maka proses iterasi akan berlanjut.

Algoritme yang sama dapat diterapkan untuk menentukan pemenang kursi ketiga dan seterusnya hingga jumlah semua kursi legislatif terpenuhi. Misalkan pada Dapil I Jawa Tengah, berdasarkan Komisi Pemilihan Umum Dapil I Jawa Tengah terdapat 8 kuota kursi legislatif, maka algoritme akan dijalankan hingga iterasi ke-8 ($k = 8$). Dengan demikian, diperoleh hasil perhitungan

metode Andre Sainte-Lague dalam penentuan alokasi kursi legislatif DPR RI Dapil Jawa Tengah 2024 sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil perhitungan metode Andre Sainte-Lague

Nama Partai	Dapil Jateng 2024									
	I	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**
PKB	1	1	2	0	1	1	1	1	1	1
Gerindra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PDIP	2	2	3	3	3	3	1	2	3	1
Golkar	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2
Nasdem	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1
PKS	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1
PAN	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
Demokrat	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
TOTAL	**8**	**7**	**9**	**7**	**8**	**8**	**7**	**8**	**8**	**7**

Berdasarkan Tabel 2, partai PDIP mendominasi perolehan kursi dengan 2 sampai 3 kursi di hampir semua dapil, menunjukkan dukungan yang kuat dan merata. Partai GERINDRA memiliki distribusi yang stabil dan merata dengan 1 kursi di setiap dapil, sedangkan partai PKB dan GOLKAR memperoleh 1 sampai 2 kursi di sebagian besar dapil, menunujukkan bahwa dukungan partai ini memiliki sebaran yang cukup merata meskipun tidak sekuat PDIP. Partai NASDEM dan PKS hanya memperoleh kursi di beberapa dapil, menunjukkan bahwa memiliki dukungan kuat di daerah tertentu tetapi tidak merata di seluruh dapil. Sementara partai PAN dan DEMOKRAT memiliki keterbatasan dukungan dengan kursi yang hanya diperoleh di beberapa dapil saja. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa metode Andre Sainte-Lague cenderung menguntungkan partai besar dengan jumlah suara lebih signifikan, tetapi juga tetap memberikan kesempatan pada partai kecil untuk mendapat kursi di sebagian besar dapil secara lebih adil dan merata.

Modifikasi dengan bilangan pembagi genapbilangan pembagi tetap pada metode Andre Sainte-Lague dimodifikasi menjadi bilangan pembagi genap yaitu 2, 4, 6, 8, dan seterusnya. Algoritme untuk metode ini sama dengan metode Andre Sainte-Lague hanya saja bilangan pembagi tetapnya diganti dengan bilangan pembagi genap. Sehingga untuk metode modifikasi bilangan pembagi genap, akan dimodelkan dalam bentuk matriks,$E = \left[\frac{1}{2} \quad \frac{1}{4} \quad \frac{1}{6} \quad \frac{1}{8} \quad \cdots\right]$. Dengan menggunakan data yang sama pada Tabel 1, maka berdasarkan persamaan (1) diperoleh matriks hasil bagi perolehan suara pada pada Dapil I Jawa Tengah menggunakan metode bilangan pembagi genap sebagai berikut:

$$B = \begin{bmatrix} 102.639 & 51.320 & 34.213 & 25.660 \\ 100.656 & 50.328 & 33.552 & 25.164 \\ 323.071 & 161.535 & 107.690 & 80.768 \\ 121.815 & 60.908 & 40.605 & 30.454 \\ 64.899 & 32.449 & 21.633 & 16.225 \\ 109.086 & 54.543 & 36.362 & 27.271 \\ 63.211 & 31.606 & 21.070 & 15.803 \\ 88.313 & 44.157 & 29.438 & 22.078 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya, berdasarkan algoritme pada persamaan (2) dan (3) akan dilakukan perhitungan alokasi kursi DPR RI Dapil Jawa Tengah menggunakan metode bilangan pembagi genap. Algoritme perhitungan ini sama seperti pada metode Andre Sainte-Lague, hanya saja berbeda pada matriks hasil baginya saja. Dengan demikian, diperoleh hasil perhitungan metode bilangan pembagi genap dalam penentuan alokasi kursi legislatif DPR RI Dapil Jawa Tengah 2024 tabel dapat dilihat pada tabel 3. Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa partai PDIP memperoleh kursi terbanyak di hampir semua dapil, mencerminkan dukungan yang sangat kuat dan merata. Partai PKB, GOLKAR, dan GERINDRA memperoleh kursi dengan distribusi yang cukup merata di berbagai dapil, meskipun ada 1 atau 2 dapil yang tidak memperoleh kursi. Sementara itu, partai Nasdem, PKS, PAN, dan Demokrat hanya

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

memperoleh kursi di dapil tertentu, yang menunjukkan bahwa dukungan pada partai tersebut lebih terbatas dan tidak merata. Metode bilangan pembagi genap ini cenderung memberikan peluang yang lebih besar bagi partai besar untuk memperoleh lebih banyak kursi, sementara partai kecil hanya bisa mendapatkan kursi di dapil tertentu dengan jumlah yang lebih sedikit.

Tabel 3. Hasil perhitungan metode bilangan pembagi genap

Nama Partai	Dapil Jateng 2024									
	I	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**
PKB	1	1	2	0	0	2	1	1	1	2
Gerindra	1	0	1	0	1	1	1	2	1	1
PDIP	3	2	4	4	4	4	2	3	4	2
Golkar	1	3	1	1	2	1	0	1	1	2
Nasdem	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
PKS	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0
PAN	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Demokrat	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
TOTAL	**8**	**7**	**9**	**7**	**8**	**8**	**7**	**8**	**8**	**7**

Modifikasi dengan Bilangan Pembagi Fibonacci

Pada metode ini, bilangan pembagi tetap pada metode Andre Sainte-Lague dimodifikasi menjadi bilangan pembagi Fibonacci yaitu 1, 2, 3, 5, 8, dan seterusnya. Algoritme untuk metode ini sama dengan metode Andre Sainte-Lague hanya saja bilangan pembagi tetapnya diganti dengan bilangan pembagi Fibonacci. Sehingga untuk metode modifikasi bilangan pembagi Fibonacci, akan dimodelkan dalam bentuk matriks $F = \left[\frac{1}{1} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{1}{3} \quad \frac{1}{5} \quad \cdots\right]$. Dengan menggunakan data yang sama pada Tabel 1, maka berdasarkan persamaan (1) diperoleh matriks hasil bagi perolehan suara pada pada Dapil I Jawa Tengah menggunakan metode bilangan pembagi fibonacci sebagai berikut:

$$C = \begin{bmatrix} 205.278 & 102.639 & 68.426 & 41.056 & 25.660 \\ 201.312 & 100.656 & 67.104 & 40.262 & 25.164 \\ 646.141 & 323.071 & 215.380 & 129.228 & 80.768 \\ 243.630 & 121.815 & 81.210 & 48.726 & 30.454 \\ 129.797 & 64.899 & 43.266 & 25.959 & 16.225 \\ 218.171 & 109.086 & 72.724 & 43.634 & 27.271 \\ 126.422 & 63.211 & 42.141 & 25.284 & 15.803 \\ 176.626 & 88.313 & 58.875 & 35.325 & 22.078 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya, berdasarkan algoritme pada persamaan (2) dan (3) akan dilakukan perhitungan alokasi kursi DPR RI Dapil Jawa Tengah menggunakan metode bilangan pembagi fibonacci. Algoritme perhitungan ini sama seperti pada metode Andre Sainte-Lague, hanya saja berbeda pada matriks hasil baginya saja. Dengan demikian, diperoleh hasil perhitungan metode bilangan pembagi fibonacci dalam penentuan alokasi kursi legislatif DPR RI Dapil Jawa Tengah 2024 sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil perhitungan metode blangan pembagi fibonacci

Nama Partai	DAPIL Jateng 2024									
	I	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**
PKB	1	1	2	0	0	2	1	1	2	2
Gerindra	1	0	2	1	1	1	1	2	1	1
PDIP	3	2	3	3	4	3	2	3	3	2
Golkar	1	3	1	1	2	1	0	1	1	2
Nasdem	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
PKS	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0
PAN	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Demokrat	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
Total	**8**	**7**	**9**	**7**	**8**	**8**	**7**	**8**	**8**	**7**

Berdasarkan data tersebut, terlihat bahwa partai PDIP mendominasi dengan jumlah kursi tertinggi di seluruh dapil. Hal ini menunjukkan bahwa metode bilangan pembagi Fibonacci cenderung

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

lebih menguntungkan partai besar dengan perolehan suara yang signifikan. Sedangkan partai lainnya, seperti PKB, GERINDRA, dan GOLKAR menunjukkan kekuatan di dapil-dapil tertentu saja dengan memperoleh 1 sampai 2 kursi. Partai kecil seperti NASDEM, PAN, dan DEMOKRAT kesulitan mendapatkan kursi secara merata, menunujukkan bahwa metode Fibonacci kurang menguntungkan terhadap partai kecil.

Selanjutnya, dengan menggunakan Indeks Gallagher, akan disimulasikan penghitungan derajat disproporsionalitas yang dihasilkan oleh masing-masing metode konversi suara yang telah diperoleh berdasarkan hasil penghitungan perolehan kursi pada sub-bab sebelumnya. Menurut Gallagher dan Mitchell (2005), formula untuk menghitung derajat disproposionalitas bisa dilakukan dengan menggunakan rumus *Least Square* (LSq) *Index* persamaan (4)

$$LSq = \sqrt{\frac{\sum(V_n - S_n)^2}{2}} \tag{4}$$

dimana LSq adalah indeks disproporsionalitas, V_n adalah persentase suara partai, dan S_n adalah persentase perolehan kursi.

Metode ini diperkenalkan oleh Michael Gallagher pada tahun 1991 (Gallagher, 1991). Indeks *Least Square* merupakan indeks dengan jangkauan nol sampai 100, nilai indeks yang rendah dan mendekati angka nol menunjukkan bahwa sistem pemilu sangat proporsional, sedangkan nilai indeks yang tinggi menunjukkan tingkat disproporsionalitas yang lebih besar. Berdasarkan rumus pada persamaan (7), maka diperoleh nilai indeks LSq terhadap data yang telah diperoleh berdasarkan hasil perhitungan kursi sebelumnya pada metode Andre Sainte-Lague, metode bilangan pembagi genap dan fibonacci sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Nilai Indeks Disproporsionalitas pada Setiap Metode

METODE	Dapil Jateng 2024									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
ASL	9,08	9,19	6,78	7,56	9,33	9,73	10,10	8,47	6,89	11,31
GENAP	7,97	14,36	10,87	14,74	14,75	15,57	9,91	12,10	11,36	12,70
FIBONACCI	7,97	14,36	9,36	7,56	14,75	9,58	9,91	12,10	8,47	12,70

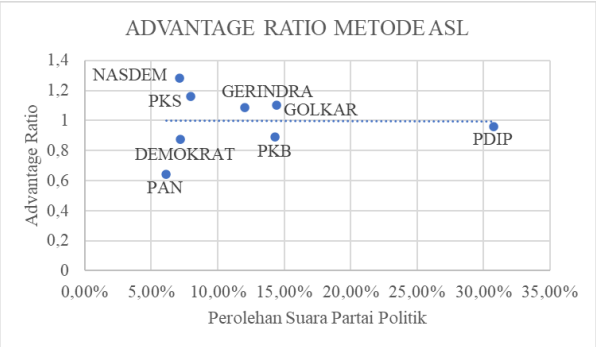
Berdasarkan Tabel 5, nilai indeks disproporsionalitas metode Andre Sainte-Lague menunjukkan tingkat disproporsionalitas yang relatif lebih rendah dan stabil di sebagian besar dapil dibandingkan metode lainnya, dengan nilai berkisar antara 6,78 sampai 11,31. Hal ini menunjukkan bahwa metode ini lebih konsisten dalam menjaga proporsionalitas alokasi kursi. Metode bilangan pembagi genap memiliki tingkat disproporsionalitas tertinggi di hampir semua dapil, terutama di Dapil II, IV, V, dan VI, dengan nilai mencapai 14,36 hingga 15,57. Ini menunjukkan bahwa metode ini cenderung lebih tidak proporsional dibandingkan metode lainnya. Metode bilangan pembagi fibonacci memiliki pola yang mirip dengan metode bilangan pembagi genap di beberapa dapil, tetapi menunjukkan nilai yang lebih rendah pada beberapa dapil seperti Dapil III dan IV. Ini menandakan bahwa modifikasi menggunakan deret fibonacci masih lebih proporsional dibandingkan dengan metode dengan bilangan pembagi genap. Namun, secara keseluruhan, metode Andre Sainte-Lague terbukti lebih proporsional dibandingkan metode bilangan pembagi genap dan fibonacci dalam alokasi kursi DPR RI dalam konteks Dapil Jawa Tengah 2024.

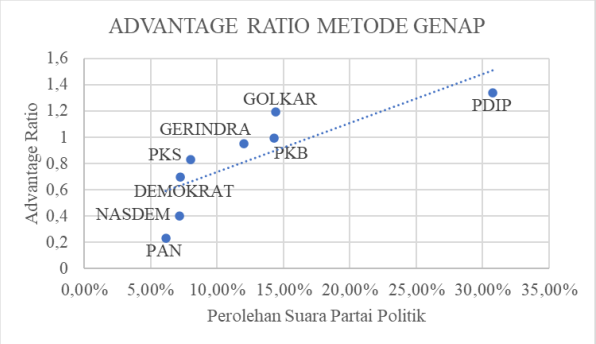
Selanjutnya, selain menghitung tingkat proporsionalitas akan dihitung juga bias yang dihasilkan oleh masing-masing metode konversi suara terhadap partai besar maupun kecil. Untuk mengukur bias yang dihasilkan, akan digunakan *advantage ratio* yang dikemukakan oleh Taagepera

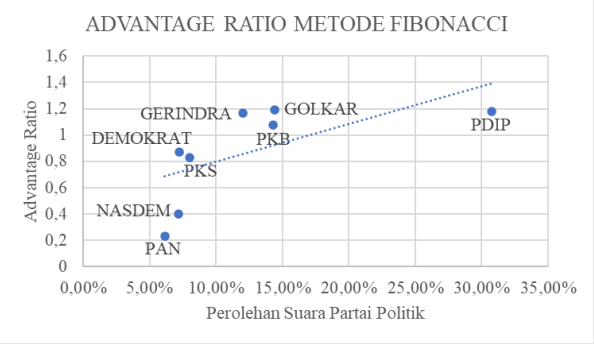
© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dan Laakso. Rasio tersebut digunakan untuk mengukur derajat keterwakilan dari tiap-tiap partai politik dengan menggunakan persamaan advantage ratio $= \frac{S_n}{V_n}$.

Dalam keadaan proporsionalitas sempurna, maka besaran *advantage ratio* adalah 1. Besaran dibawah angka 1 menunjukkan adanya *under-representation* (tingkat keterwakilan rendah), sebaliknya nilai diatas angka tersebut mengindikasikan adanya *over-representation* (derajat keterwakilan tinggi) (Hantoro, 2021). Karena pada Provinsi Jawa Tengah terdapat 10 Dapil, maka akan diambil rata-rata dari seluruh Dapil tersebut. Berikut disajikn hasil perhitungan *advantage ratio* dalam bentuk grafik untuk Dapil Jawa Tengah.







Gambar 3. *Advantage Ratio* Setiap Metode

Berdasarkan hasil simulasi tersebut, terlihat metode Andre Sainte-Lague memiliki besaran yang mendekati 1 dengan tren bias paling kecil atau dengan kata lain proporsional, dimana antara partai besar maupun partai kecil diperlakukan relatif setara. Sedangkan pada metode bilangan pembagi genap dan fibonacci memiliki bias paling tinggi terhadap partai besar. Sebagaimana yang dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3, metode bilangan pembagi genap dan fibonacci secara disproporsional sangat menguntungkan partai dengan perolehan suara terbesar, yaitu PDIP dan memiliki bias yang merugikan partai-partai kecil. Metode bilangan pembagi genap dan fibonacci memperlihatkan kecenderungan *over-representation* untuk partai besar dan *under-representation* untuk partai kecil. Hal ini sejalan dengan penelitian Hantoro (2021) yang menunjukkan bahwa metode dengan bilangan pembagi tertentu dapat memengaruhi tingkat proporsionalitas hasil pemilu.

Dalam konteks metode Andre Sainte-Lague dan modifikasinya, bilangan pembagi yang digunakan menentukan bagaimana suara dikonversi menjadi kursi. Jika bilangan pembagi dirancang sedemikian rupa sehingga memberikan keuntungan lebih besar kepada partai dengan suara tinggi, maka akan terjadi *over-representation* untuk partai besar dan *under-representation* untuk partai kecil. Dengan demikian, metode Andre Sainte-Lague tetap menjadi pilihan metode yang menghasilkan konversi suara yang paling proporsional dibandingkan dengan metode bilangan pembagi genap dan fibonacci.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian ini, diperoleh algoritme untuk perhitungan alokasi kursi dengan metode Andre Sainte-Lague dan modifikasinya yang dapat menjelaskan proses perhitungan matematis dengan lebih jelas. Berdasarkan studi kasus pada penerapan alokasi kursi legislatif dari hasil rekapitulasi pemilu 2024 Dapil Jawa Tengah, hasil perhitungan dari algoritme metode Andre Sainte-Lague menghasilkan alokasi kursi yang proporsionalitas dan dapat memberikan langkah perhitungan yang lebih valid dalam proses perhitungan alokasi kursi legislatif. Dalam penerapannya, metode Andre Sainte-Lague memiliki tingkat proporsionalitas yang lebih baik dibandingkan dengan metode modifikasinya menggunakan bilangan pembagi genap dan fibonacci. Modifikasi dengan bilangan genap dan fibonacci cenderung lebih menguntungkan partai besar, sementara metode Andre Sainte-Lague lebih merata dan memberikan kesempatan lebih adil bagi partai kecil. Dengan demikian, penggunaan bilangan pembagi genap dan fibonacci sebagai modifikasi pada metode Andre Sainte-Lague terhadap hasil alokasi kursi legislatif ini sangat berpengaruh terhadap alokasi kursi yang dihasilkan. Sehingga, pemilihan metode terhadap alokasi kursi sangat berpengaruh dalam menghasilkan alokasi kursi yang paling sesuai dengan prinsip representasi proporsional yang adil dan efektif.

Metode Andre Sainte-Lague menghasilkan tingkat proporsionalitas yang lebih baik dibandingkan metode bilangan pembagi genap dan fibonacci, diperkuat dengan adanya nilai indeks disproposionalitas (LSq) yang dihasilkan metode Andre Sainte-Lague lebih rendah dan mendekati nilai nol, sehingga mencerminkan distribusi kursi yang lebih adil dan merata, termasuk untuk partai kecil. Metode bilangan pembagi genap dan fibonacci cenderung memberikan keuntungan yang lebih besar bagi partai besar saja. Metode ini menunjukkan bias yang signifikan terhadap partai dengan perolehan suara besar, tetapi merugikan partai kecil atau partai dengan basis suara terbatas. Analisis menggunakan advantage ratio juga menunjukkan bahwa metode Andre Sainte-Lague lebih mendekati proporsionalitas sempurna (nilai mendekati 1), baik untuk partai besar maupun kecil. Sebaliknya, metode bilangan pembagi genap dan fibonacci memperlihatkan kecenderungan *over-representation* untuk partai besar dan *under-representation* untuk partai kecil. Dengan demikian, Metode Andre Sainte-Lague tetap menjadi pilihan yang lebih sesuai untuk alokasi kursi legislatif di Indonesia, terutama dalam memastikan representasi yang adil dan efektif sesuai dengan prinsip proporsionalitas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga artikel ini dapat diselesaikan dengan baik. Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua dan keluarga tercinta atas doa dan dukungannya. Ucapan terima kasih yang mendalam juga saya sampaikan kepada dosen pembimbing, Bapak Sutanto, DEA. yang dengan penuh kesabaran telah memberikan bimbingan, ide, ilmu, arahan, serta koreksi yang sangat berarti selama proses penulisan artikel ini. Semoga ilmu yang diberikan menjadi amal jariyah bagi beliau. Tak lupa, rasa terima kasih juga saya tunjukkan kepada teman dan sahabat saya yang telah memberikan motivasi, bantuan, dan masukan yang berharga, Semoga segala kebaikan mendapat balasan dari Allah SWT. Aamiin.

DAFTAR PUSTAKA

Anton, H. and Rorres, C. (2005). Elementary Linear Algebra: Applications Version, Ninth Edition. United Kingdom: Wiley.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Chrismayoga, Y. B. (2023). Penerapan Proporsional Terbuka dan Metode Sainte-Lague pada Pemilu 2019: Studi Kasus Dapil I DPRD Provinsi Jawa Tengah. Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia 8, 2660-2670. https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v8i4.11656

Gallagher, M. (1991). Proportionality, disproportionality and electoral systems. *Electoral studies*, *10*(1), 33-51. https://doi.org/10.1016/0261-3794(91)90004-C

Gallagher, M. (2005). *The Politics of Electoral Systems*. Oxford University Press.

Hantoro, B. F. (2021). Implikasi pilihan metode konversi suara terhadap Proporsionalitas perolehan kursi dalam pemilihan umum anggota dewan perwakilan rakyat. *Jurnal Hukum & Pembangunan*, *51*(4), 901-926. https://doi.org/10.21143/jhp.vol51.no4.3294

Isnaini, L. (2024). *Analisis sistem presidensial melalui penerapan ambang batas parlemen (parliamentary threshold) dalam pemilihan umum 2024 di indonesia*. Doctoral dissertation. Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.

Komisi Pemilihan Umum. (2024). Daerah Pemilihan DPR RI. Diakses pada 26 Juni 2024, dari https://infopemilu.kpu.go.id/Pemilu/Dapil_dpr

Komisi Pemilihan Umum. (2024). Rekapitulasi Hasil Pemilu Legislatif DPR RI 2024 Dapil Jawa Tengah. Diakses pada 26 Juni 2024, dari https://pemilu2024.kpu.go.id/pilegdpr/rekapitulasi

Komisi Pemilihan Umum. (2024). Keputusan Komisi Pemilihan Umum Nomor 1204 Tahun 2024 tentang Penetapan Ambang Batas Perolehan Suara Sah Secara Nasional dan Penetapan Partai Politik Peserta Pemilihan Umum Tahun 2024 yang Memenuhi dan Tidak Memenuhi Ambang Batas Perolehan Suara Sah Secara Nasional Dalam Penentuan Perolehan Kursi Anggota

Dewan Perwakilan Rakyat Dalam Pemilihan Umum Tahun 2024. Peraturan Perundang-Undangan. Jakarta: Sekretariat Jenderal KPU.

Kotanidis, S. (2019). Understanding the D'Hondt Method Allocation of Parliamentary Seats and Leadership Position. European Parliamentary Research Service, 2-3.

Laakso, M. and Taagepera, R. (1978). Proportional Representation in Scandinavia: Implications for Finland. Scandinavian Political Studies 1, 43–60. https://doi.org/10.1111/j.1467-9477.1978.tb00168.x

Lijphart, A. (2003). Degrees of proportionality of proportional representation formulas. Electoral Laws and Their Political Consequences, 170-179

Omotehinwa, T. O. and S. O. Ramon. (2013). Fibonacci Numbers and Golden Ratio in Mathematics and Science. International Journal of Computer and Information Technology 2, 630-638.

Kartawidjaja, P. R. and Aminuddin, M. F. (2014). *Demokrasi Elektoral (Bagian I): Perbandingan Sistem dan Metode dalam Kepartaian dan Pemilu*. Sindikasi Indonesia, hlm. 153.

Republik Indonesia. (2017). Undang-Undang No. 7 Tahun 2017 tentang Pemilu. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2017 Nomor 182. Jakarta: Sekretariat Negara.

Sainte-Laguë, A. (1910). La représentation proportionnelle et la méthode des moindres carrés. In *Annales scientifiques de l'école Normale Supérieure* (Vol. 27, pp. 529-542). https://doi.org/10.24033/asens.627

Taagepera, R. and Laakso, M. (1980). Proportionality profiles of West European electoral systems. *European Journal of Political Research*, *8*(4), hlm. 425. https://doi.org/10.1111/j.1475-6765.1980.tb00582.x

Yulinar, Y. P. and Gunawan, G. (2024). Metode Sainte Lague untuk Konversi Suara terhadap Kursi Parlemen pada Pileg. Jurnal Riset Matematika, 29-36. https://doi.org/10.29313/jrm.v4i1.3599

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengembangan Media Pembelajaran Web Interaktif Menggunakan Pendekatan Berdiferensiasi Pada Elemen Teknologi Informasi Dan Komunikasi Dengan Model Problem Based Learning

Muhammad Alfan[1*], Rahmat Faisal[2], Pratama Aprilianto[3]
[1,2,3]*Pendidikan Profesi Guru, Sekolah Pascasarjana, Universitas Negeri Malang, Indonesia*
*Coresponding Author: *muhammad.alfan.fs@um.ac.id*

Abstrak, Penelitian ini bertujuan mengembangkan media pembelajaran interaktif berbasis web dengan pendekatan diferensiasi pada Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) menggunakan model Problem-Based Learning (PBL) untuk siswa kelas VIII. Metode penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model desain instruksional ADDIE yang mencakup tahap Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi. Validasi produk dilakukan oleh ahli materi dan media menggunakan angket terstruktur skala Likert (1-5). Kepraktisan media dinilai melalui respons guru dan siswa. Hasil penelitian menunjukkan tingkat validitas materi sangat tinggi dengan skor 91,09%, sedangkan komponen media memperoleh skor validitas 92,78%. Pada implementasi di SMP Negeri 24 Malang, 90,08% respons guru dan siswa menilai media ini sangat praktis. Tes hasil belajar menunjukkan 82,75% siswa mencapai ketuntasan, melebihi ambang efektivitas 75%. Kesimpulannya, media pembelajaran berbasis web ini terbukti valid dan efektif dalam meningkatkan pembelajaran TIK serta memenuhi standar tinggi sebagai alat pendidikan interaktif berbasis web.
Kata kunci: Berdiferensiasi, Web Interaktif, Bahan ajar, Kurikulum merdeka, Kevalidan, Kepraktisan

Abstract*, This study aims to develop an interactive web-based learning media using a differentiated approach in Information and Communication Technology (ICT) subjects for 8th-grade students, utilizing a Problem-Based Learning (PBL) model. The research applies a Research and Development (R&D) approach using the ADDIE instructional design model, which includes the stages of Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. Product validation was conducted by material and media experts using structured Likert-scale (1-5) questionnaires. Media practicality was assessed based on feedback from teachers and students. The findings show that the content achieved a very high validity level with an overall score of 91.09%, while the media component scored a validity of 92.78%. During implementation at SMP Negeri 24 Malang, 90.08% of teacher and student responses rated the media as highly practical. Learning outcome tests indicated that 82.75% of students achieved mastery, surpassing the 75% effectiveness threshold. In conclusion, this web-based learning media is proven to be valid and effective in enhancing ICT learning, meeting the high standards required for interactive web-based educational tools.*
Keywords*: Differentiated, Interactive Web, Teaching Materials, Independent Curriculum, Validity, Practicality*

Citation : Alfan, M., dkk. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Web Interaktif Menggunakan Pendekatan Berdiferensiasi Pada Elemen Teknologi Informasi Dan Komunikasi Dengan Model Problem Based Learning. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 556 – 466

PENDAHULUAN

Revolusi Industri 4.0 dan kemajuan globalisasi telah meningkatkan kebutuhan sektor pendidikan untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, dan kerja sama, di samping kemampuan penting lainnya. Siswa memiliki kemampuan, minat, dan preferensi belajar yang berbeda-beda, sehingga membutuhkan beragam strategi pembelajaran yang fleksibel. Kebutuhan ini dijawab oleh Kurikulum Merdeka, yang memberi guru keleluasaan dalam menyusun

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

proses pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan unik setiap siswa (Kurniawaty, 2024). Selain itu, integrasi teknologi pendidikan sangat penting untuk meningkatkan akses dan memfasilitasi pengalaman belajar yang lebih dinamis (Sisco & Turnip, 2023). Melalui platform digital, siswa dapat mengakses materi pembelajaran dari mana saja dan kapan saja, menjadikan pembelajaran lebih fleksibel dan menarik. Dengan penerapan diferensiasi di kelas, guru dapat menyesuaikan strategi pengajaran dan materi ajar sesuai dengan kebutuhan masing-masing siswa (Nisa, 2023). Penggunaan media berbasis web interaktif menciptakan lingkungan belajar yang lebih efektif dan partisipatif, yang memungkinkan siswa terlibat aktif dalam proses pembelajaran (Wahyuni, 2022). Oleh karena itu, kurikulum yang responsif dan teknologi canggih dapat bekerja sama menciptakan lingkungan belajar yang adil dan produktif untuk mendukung potensi maksimal setiap siswa.

Penggunaan media yang memadukan teks, musik, film, dan video memberikan alternatif substansial terhadap metode ceramah konvensional. Media interaktif mendukung pendekatan pembelajaran fleksibel dengan meningkatkan efektivitas dan kegunaan proses belajar. Ketika materi pembelajaran berbasis web interaktif dipadukan dengan prosedur belajar penting, siswa memperoleh pengalaman belajar yang bermakna (Sukmawati et al., 2023). Pembelajaran Berbasis Masalah (Problem-Based Learning) memiliki dampak signifikan terhadap hasil belajar siswa, terutama dalam pendidikan informatika. Metode ini mendorong keterlibatan siswa secara aktif dalam pemecahan masalah nyata, memungkinkan pengembangan keterampilan analitis yang dibutuhkan (Wardani, 2023). Selain itu, menurut (Masruroh & Arif, 2021), pendekatan ini memperkuat keterampilan kolaborasi di antara siswa, yang sangat penting dalam lingkungan pembelajaran modern. Dengan bekerja sama, siswa dapat berbagi ide dan solusi, memperkaya proses belajar. Metode ini juga efektif dalam meningkatkan keterlibatan mental dan emosional siswa, yang akan mempersiapkan mereka menghadapi tantangan nyata (Suherman, 2021).

Berdasarkan observasi saat PPL PPG di sekolah mitra, pembelajaran dilakukan tatap muka di laboratorium menggunakan presentasi PowerPoint dan e-book. Guru menyampaikan materi melalui proyeksi slide PowerPoint dan memberikan umpan balik lisan. Namun, tidak terdapat diferensiasi konten yang jelas, sehingga siswa bebas mencari sumber belajar sendiri. Penggunaan media pembelajaran berbasis web interaktif diharapkan dapat meningkatkan pengalaman belajar dengan menyajikan konten edukatif yang menarik dan memberikan umpan balik langsung.

Oleh karena itu, peneliti melakukan studi berjudul "Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Web Interaktif Menggunakan Pendekatan Berdiferensiasi pada Elemen TIK dengan Model Problem-Based Learning." Penelitian ini bertujuan untuk merancang media pembelajaran berbasis web yang menawarkan diferensiasi konten sesuai kebutuhan belajar siswa, khususnya pada mata pelajaran TIK di tingkat SMP. Inovasi penelitian ini diwujudkan dalam pengembangan media pembelajaran berbasis web dengan pendekatan diferensiasi konten yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan belajar yang beragam. Media ini menyediakan materi ajar yang beragam, termasuk video, teks, dan gambar, memungkinkan siswa memilih jenis konten yang sesuai dengan gaya belajar mereka, baik visual, auditori, maupun tekstual. Pendekatan ini bertujuan untuk memperdalam pemahaman siswa dan memfasilitasi penerapan metode pembelajaran yang lebih personal dan efektif.

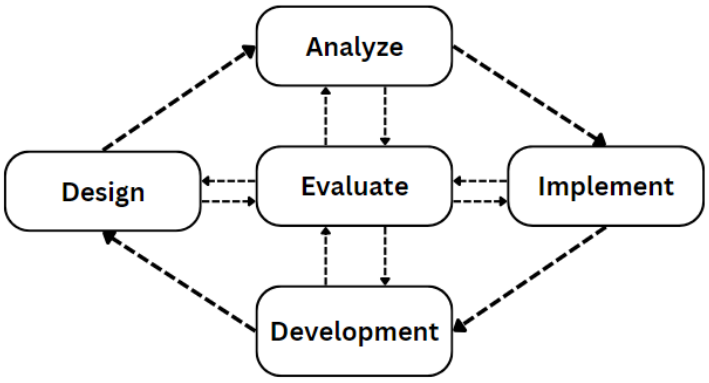
Pengembangan media berbasis web interaktif dengan konten berdiferensiasi memungkinkan guru menyampaikan materi dengan cara yang lebih menarik, sesuai dengan kebutuhan masing-masing siswa. Hal ini penting dalam konteks pembelajaran abad ke-21 yang menuntut metode berbasis teknologi untuk meningkatkan motivasi dan hasil akademik siswa. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi acuan bagi pengembang media pendidikan lainnya dalam menciptakan platform

yang responsif terhadap gaya belajar yang beragam, serta mendukung lingkungan belajar inklusif yang mendukung kesuksesan setiap siswa.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (R&D), dengan model ADDIE sebagai kerangka utama. Model ADDIE terdiri dari lima tahapan: Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi, yang diadaptasi dalam penelitian ini untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis web interaktif (Rohma et al., 2022). Setiap tahap ADDIE dilaksanakan secara berurutan, dengan evaluasi yang dilakukan secara iteratif pada setiap tingkatannya, terutama pada tahap terakhir (Cahyadi, 2019). Salah satu kekuatan dari model ADDIE adalah strukturnya yang sistematis dan terukur, sehingga sangat cocok untuk merancang alat pembelajaran berbasis web yang efektif dan sesuai dengan kebutuhan pengguna (Sidabutar & Reflina, 2022). Menurut Sugiyono (2016), penelitian dan pengembangan adalah teknik penelitian yang digunakan untuk menciptakan suatu produk dan mengevaluasi keefektifannya (Okpatrioka, 2023).

Penelitian ini diawali dengan observasi di sekolah untuk memahami kondisi lingkungan pembelajaran saat ini dan mengidentifikasi tantangan yang dihadapi dalam penggunaan media pembelajaran yang ada. Berdasarkan observasi tersebut, dilakukan analisis kebutuhan, di mana peneliti menganalisis bahan ajar yang ada dan menilai kebutuhan belajar siswa dan guru. Setelah analisis ini, peneliti merancang media pembelajaran berbasis web dengan pendekatan diferensiasi konten, yang mencakup berbagai format seperti video, teks, dan gambar. Tahap desain ini bertujuan untuk memenuhi berbagai gaya belajar siswa. Setelah desain selesai, tahap pengembangan dimulai, di mana media pembelajaran dibuat sesuai dengan desain yang telah ditetapkan. Media yang dikembangkan kemudian diimplementasikan dalam proses pembelajaran di kelas, dengan melibatkan siswa dalam menggunakan media baru ini. Pada tahap terakhir ADDIE, evaluasi dilakukan untuk menilai efektivitas media pembelajaran dengan mengumpulkan umpan balik dari siswa dan guru, serta menganalisis hasil belajar siswa. Langkah-langkah ini diharapkan dapat menghasilkan media pembelajaran interaktif yang efektif dan meningkatkan kualitas pembelajaran di bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi (Anggraeni et al., 2023). Gambar 1 di bawah ini menunjukkan diagram alur model ADDIE.



Gambar 1. Diagram model ADDIE

Keberhasilan produk yang dikembangkan akan dievaluasi berdasarkan tiga kriteria utama yaitu validitas, efektivitas, dan kepraktisan, yang menentukan apakah produk tersebut layak digunakan (Hidayat & Nizar, 2021). Pengumpulan data untuk menilai validitas dilakukan melalui survei validasi media dan konten. Survei ini menggunakan skala Likert dengan skor 1 (sangat buruk), 2 (buruk), 3

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

(cukup), 4 (baik), dan 5 (sangat baik). Kepraktisan produk yang dikembangkan kemudian dinilai berdasarkan data yang diperoleh dari survei-survei tersebut (Maulidta & Wahyu, 2019).

Instrumen yang digunakan untuk mengukur validitas konten merujuk pada aspek yang diadaptasi dari Badan Standar Nasional Pendidikan (BNSP, 2021). Sedangkan instrumen untuk menilai validitas media didasarkan pada Learning Object Review Instrument (LORI) yang dikembangkan oleh Nesbit et al. (2009) dan diadaptasi dari . Konten dan media dianggap valid jika setiap aspeknya mencapai Persentase Capaian (PC) yang tinggi atau sangat tinggi (Ersan et al., 2019). Kriteria validitas konten dan media terdiri dari Sangat Tinggi (86 < PC < 100), Tinggi (69 < PC < 85), Sedang (53 < PC < 68), Rendah (37 < PC < 52), dan Sangat Rendah (20 < PC < 36).

Data respons dari siswa dan guru yang diperoleh melalui kuesioner digunakan untuk mengukur kepraktisan media pembelajaran yang dikembangkan. Persentase capaian hasil ini diinterpretasikan secara kualitatif. Media pembelajaran dianggap praktis jika persentase capaian memenuhi kriteria praktis atau sangat praktis (Ersan et al., 2019). Kriteria persentase capaian kepraktisan terdiri dari Sangat Praktis (86%–100%), Praktis (69%–85%), Cukup Praktis (53%–68%), Kurang Praktis (37%–52%), dan Tidak Praktis (20%–36%) (Arikunto, 2010).

Ketentuan penskoran menggunakan skala Likert dengan lima tingkat penilaian, yaitu 1 (sangat tidak setuju), 2 (tidak setuju), 3 (cukupl), 4 (setuju), dan 5 (sangat setuju) digunakan untuk menentukan kriteria penilaian. Data yang diperoleh dari angket respon guru dan siswa kemudian dihitung untuk menentukan persentase capaian (PC), guna mengetahui tingkat kevalidan dan kepraktisan (Ersan et al., 2019). Perhitungan ini menggunakan persamaan (1) yang diadaptasi dari Arikunto (2010).

$$\text{Presentase Capaian} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \text{x} 100\% \quad (1)$$

Penilaian efektivitas tes hasil belajar, dibutuhkan nilai kelulusan minimal 75 dari skor maksimum 100. Dengan demikian, seorang siswa dianggap lulus jika skornya sama dengan atau lebih tinggi dari 75, dan gagal jika skornya kurang dari 75. Persentase ketuntasan kemudian dihitung dengan menghitung jumlah siswa yang lulus, yang dapat dilakukan menggunakan persamaan (2) yang dimodifikasi dari Ersan et al., (2019).

$$\text{Ketuntasan} = \frac{\text{Jumlah Siswa Tuntas}}{\text{jumlah Siswa}} \text{x} 100\% \quad (2)$$

Aqib & Chotibuddin (2011) menyatakan bahwa bahan ajar dianggap berhasil jika minimal 75% siswa memenuhi Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) sekolah atau mencapai ketuntasan (Margita et al., 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan dari tinjauan dan pengembangan ini adalah untuk menyediakan materi pembelajaran berbasis web interaktif yang berdiferensiasi dan menerapkan model Project Based Learning (PBL) pada elemen teknologi informasi dan komunikasi. Media dikembangkan untuk digunakan secara daring di kelas 8 SMP Negeri 24 Malang. Penelitian ini mengikuti tahapan-tahapan dalam model pengembangan ADDIE.

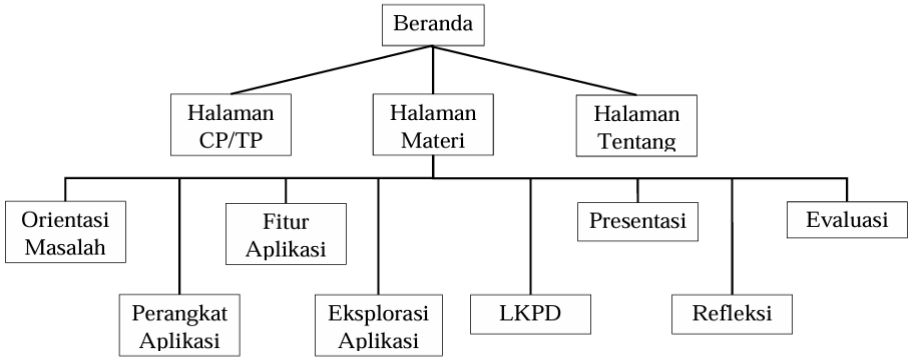
Analisis terhadap materi dan strategi pembelajaran menghasilkan data yang digunakan untuk menentukan perangkat lunak dan teknologi yang sesuai. Teknologi dan perangkat lunak yang dipilih disesuaikan dengan kebutuhan pengembangan berdasarkan hasil dari analisis tersebut dapat dilihat tabel 1.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Tabel 1. Hasil Analisis Teknologi

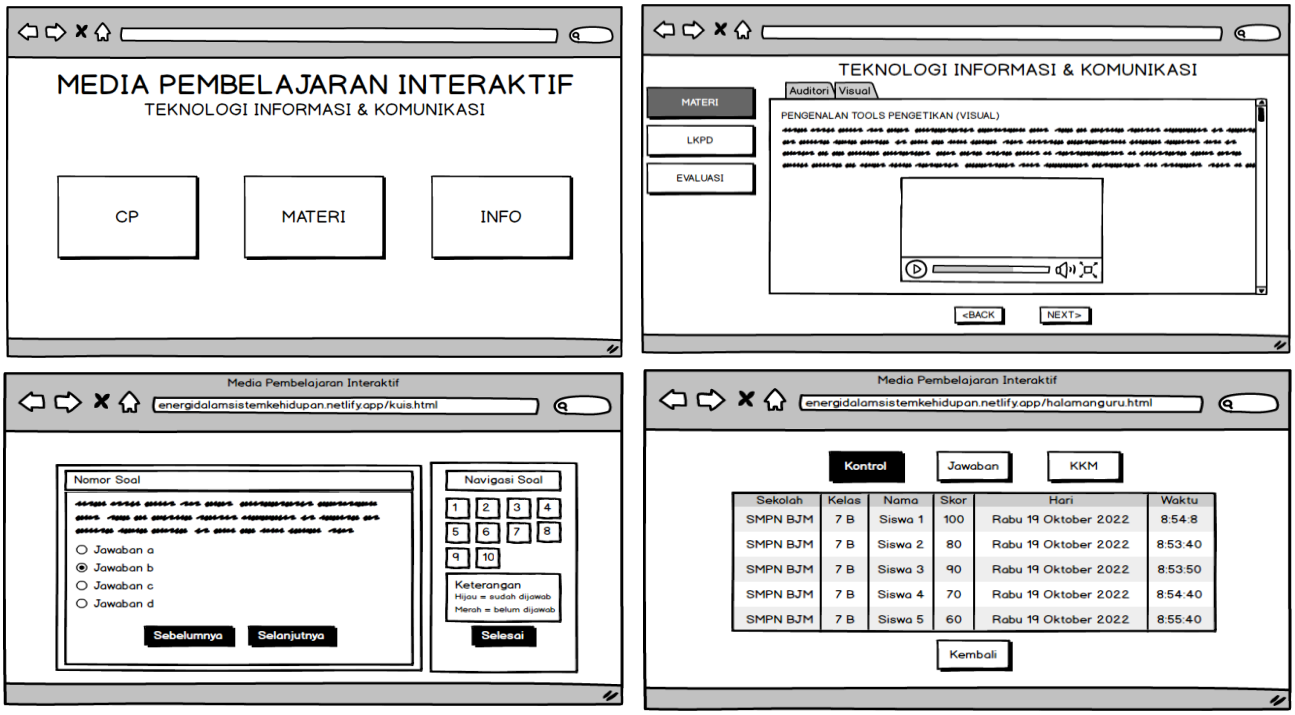
No	Kebutuhan	Teknologi
1	Tampilan media pembelajaran	*HTML* dan *CSS*
2	Tampilan *responsive*	*CSS*
3	Menampilkan teks materi, gambar dan video.	*HTML*, *CSS* dan *Javascript*
4	Menghubungkan setiap halaman	*HTML*
5	Latihan	*HTML*, *CSS* dan *Javascript*
6	Lembar kerja peserta didik	*Google Workspace*
7	Evaluasi	*JSON* dan *Firebase*
8	Mengolah grafis dan video	*Corel Draw* dan *Canva*
9	Publikasi media pembelajaran	*Netlify*

Tahap desain meliputi perancangan sitemap, antar muka media, dan desain konten bahan ajar dalam bentuk modul pembelajaran. Sitemap dibuat untuk mengatur halaman-halaman dan mengidentifikasi keterkaitan antar halaman dalam aplikasi media pembelajaran yang akan dikembangkan. Sitemap aplikasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Desain *Sitemap*

Antarmuka media dirancang oleh peneliti sebagai gambaran desain awal program antarmuka berdasarkan hasil analisis antarmuka pengguna Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan Antarmuka Pengguna

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Desain konten bahan ajar yang dimasukkan ke dalam media pembelajaran telah divalidasi oleh empat ahli materi di bidang pendidikan informatika yang terdiri dari 2 guru dan 2 dosen. Dapat dilihat pada tabel 2, merupakan hasil kevalidan materi bahan ajar.

Tabel 2. Hasil Validasi Ahli Materi

Aspek	SH	SC Validator - 1	2	3	3	PC	Kevalidan
Kelayakan isi	160	34	37	40	40	94,38	Sangat Tinggi
Kelayakan penyajian	160	32	39	36	35	88,75	Sangat Tinggi
Kelayakan kebahasaan	100	20	25	23	21	89,00	Sangat Tinggi
Pembelajaran Diferensiasi	40	9	9	9	10	92,50	Sangat Tinggi
Capaian Total	460	95	110	108	106	91,09	Sangat Tinggi

Bersumber pada Tabel 2, hasil perhitungan nilai 4 ahli materi memiliki tingkat pencapaian total sebesar 91,09% dengan kategori kevalidan sangat tinggi. Maka hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa bahan ajar yang digunakan sebagai konten pada media pembelajaran valid dan dapat digunakan.

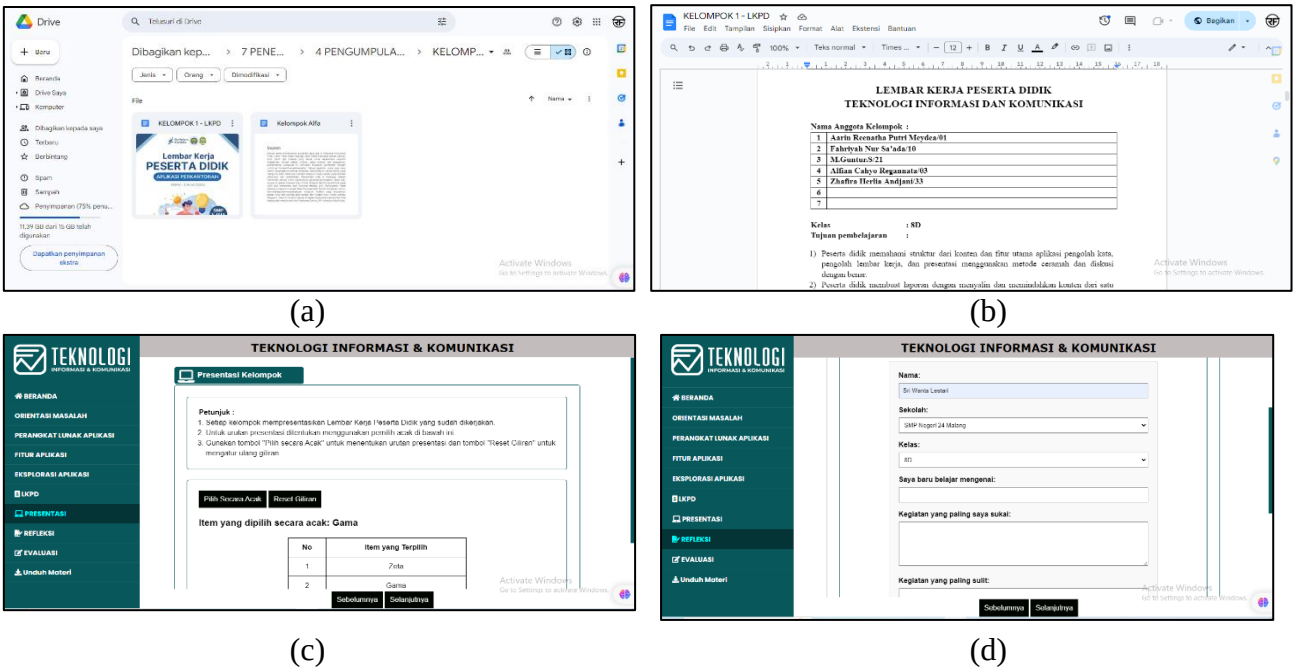
Tahap pengembangan menghasilkan produk berupa media pembelajaran interaktif berbasis web. Teknologi yang digunakan untuk mengembangkan produk ini didasarkan pada hasil analisis teknologi. Media pembelajaran yang dikembangkan mengikuti rancangan yang dibuat pada tahap desain. Terdapat tiga menu utama di halaman awal, yaitu CP/TP, Materi dan Tentang. Gambar 4(a) menunjukkan hasil pengembangan halaman beranda.



Gambar 4. Tampilan Website

Pada bagian materi, terdapat daftar isi yang memungkinkan siswa mengakses konten lain dan petunjuk untuk berpindah ke konten sebelumnya atau berikutnya. Siswa dapat dengan bebas memilih konten yang ingin mereka akses melalui navigasi daftar isi tanpa syarat tertentu. Selain itu dengan memanfaat pembelajaran berdiferensiasi, disajikan penyampaian materi secara tekstual, visual dan auditori. Hasil pengembangan halaman materi dalam media pembelajaran diperlihatkan pada Gambar 4(b). Dalam menerapkan model Problem-Based Learning (PBL) dalam media pembelajaran, alur pembelajaran dirancang dengan memperhatikan tahapan-tahapan yang terdapat dalam model PBL. Pada tahap pertama yaitu orientasi masalah membahas tujuan pembelajaran, kegiatan pembelajaran,

memberikan contoh dan gambaran permasalahan. Tampilannya ditunjukkan pada Gambar 4(c). Tahapan kedua yaitu mengorganisasi kelompok mengatur siswa ke dalam kelompok kecil untuk memfasilitasi kolaborasi, komunikasi, dan pembelajaran bersama. Tampilannya ditunjukkan pada Gambar 4(d).



Gambar 5. Tampilan (a) Penyelidikan Mandiri, (b) mengembangkan Solusi, (c) mempresentasi, (d) refeleksi

Tahapan ketiga yaitu menyelidiki mandiri dan kelompok, di mana siswa melakukan eksplorasi dan penelitian untuk memahami suatu konsep atau menyelesaikan masalah. Tampilannya ditunjukkan pada Gambar 5(a). Pada tahapan keempat yaitu Mengembangakan solusi, di mana siswa merancang dan menciptakan cara untuk mengatasi masalah atau tantangan yang dihadapi. Tampilannya ditunjukkan pada Gambar 5(b). Pada tahap kelima yaitu mempresentasikan, dimana siswa menyampaikan hasil kerja atau solusi yang telah mereka kembangkan kepada audiens, yang bisa berupa teman sebaya, guru, atau kelompok lain. Pada media ini disajikan fitur mengacak urutan maju yang dapat digunakan oleh guru untuk menentukan giliran. Tampilannya ditunjukkan pada Gambar 5(c). Pada tahap terakhir yaitu merefleksikan pengalaman belajar, siswa diminta untuk mempertimbangkan apa yang telah mereka pelajari, bagaimana mereka belajar, dan bagaimana pengalaman tersebut mempengaruhi pemahaman mereka tentang materi. Tampilannya ditunjukkan pada Gambar 5(d).



Gambar 6. Tampilan Halaman Evaluasi

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Halaman evaluasi materi pembelajaran, siswa dapat memilih jawaban untuk setiap pertanyaan. Selain itu, tersedia fitur soal acak, navigasi antar soal, dan keterangan soal yang muncul setelah jawaban dipilih. Teknologi yang digunakan dalam pengembangan halaman ini meliputi *Firebase, HTML, CSS, JavaScript*, dan *JSON*. Gambar 6 menunjukkan hasil pengembangan halaman evaluasi media pembelajaran tersebut. Media pembelajaran yang telah dikembangkan lalu divalidasi oleh empat ahli media dengan orang yang sama pada validasi materi.Dapat dilihat pada tabel 3, merupakan hasil kevalidan media pembelajaran.

Tabel 3. Hasil Validasi Ahli Media

Aspek	SH	SC (Validator -)				PC	Kevalidan
		1	2	3	4		
Feedback and Adaptation	20	5	5	5	4	95,00	Sangat Tinggi
Presentation Design	100	20	25	23	22	90,00	Sangat Tinggi
Interaction Usability	60	14	15	14	15	96,67	Sangat Tinggi
Capaian Total	180	39	45	42	41	92,78	Sangat Tinggi

Implementasi dilakukan secara tatap muka di SMP Negeri 24 Malang dengan siswa kelas VIII. Penggunaan media pembelajaran ini bertujuan untuk mengukur efektivitas serta respons dari para pengguna, baik siswa maupun guru, setelah menggunakannya dalam kegiatan pembelajaran di kelas. Hasil penilaian kepraktisan media di lapangan berdasarkan tanggapan guru dan siswa dapat dilihat pada tabel tabel 4. Berdasarkan Tabel 4, didapatkan persentase kepraktisan media pembelajaran interaktif sebesar 90,08%, dengan kriteria sangat praktis. Data tersebut didapat dari respon 29 siswa dan 1 orang guru informatika.

Tabel 4. Hasil Validasi Ahli Media

No	Aspek	PC	Kevalidan
1	Kemudahan pengguna	89,31	Sangat Tinggi
2	Kangungan kognisi	88,51	Sangat Tinggi
3	Lingkup pengetahuan dan penyajian informasi	90,05	Sangat Tinggi
4	Estetika	91,59	Sangat Tinggi
5	Fungsi keseluruhan	89,66	Sangat Tinggi
6	Kemudahan dalam Belajar	91,38	Sangat Tinggi
7	Capaian Total	90,08	Sangat Tinggi

Hasil efektivitas diperoleh menggunakan tes hasil hasil belajar yang diberikan kepada 29 orang siswa kelas VIII SMP Negeri 24 Malang. Soal tes hasil belajar terdiri dari 20 butir soal pilihan ganda. Hasil ketuntasan tes hasil belajar yang diperoleh menunjukkan bahwa ada 24 orang siswa yang telah memenuhi KKM dan 5 orang siswa lainnya belum mencapai KKM. Sehingga secara klasikal, siswa yang tuntas dalam tes hasil belajar adalah sebesar 82,75%. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa media efektif untuk digunakan, karena ketuntasan klasikal telah melebihi ≥ 75%.

Berdasarkan hasil pengembangan, media pembelajaran berbasis web interaktif ini dirancang menggunakan model pengembangan ADDIE yang terdiri dari lima tahap: Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi. Pada tahap Analisis, kebutuhan pembelajaran diidentifikasi untuk menentukan teknologi dan strategi yang tepat. Tahap Desain menghasilkan peta situs (*sitemap*) dan antarmuka pengguna media pembelajaran, sedangkan tahap Pengembangan berfokus pada pembuatan produk sesuai desain yang telah direncanakan. Tahap Implementasi dilakukan melalui uji coba lapangan dengan melibatkan penggunaan oleh siswa, dan tahap Evaluasi dilaksanakan untuk menilai efektivitas dan kualitas produk, memastikan media pembelajaran mendukung proses pembelajaran secara optimal.

Hasil validasi produk menunjukkan penilaian yang sangat baik dari para ahli. Validasi oleh ahli konten memperoleh skor total sebesar 91,09%, mencakup aspek kelayakan isi, penyajian, bahasa,

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dan pembelajaran berdiferensiasi, yang menunjukkan bahwa bahan ajar memenuhi standar kualitas tinggi dan layak digunakan dalam pendidikan. Sementara itu, validasi media mendapatkan skor sebesar 92,78%, yang mencerminkan tingkat kelayakan sangat tinggi dalam hal penyajian dan aspek teknis. Dengan demikian, produk dinyatakan valid dan siap untuk diimplementasikan.

Hasil implementasi media pembelajaran berbasis web interaktif ini menunjukkan bahwa media yang dikembangkan tidak hanya praktis tetapi juga efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa. Berdasarkan data pada Tabel 6, persentase kepraktisan media mencapai 90,08%, yang menunjukkan bahwa baik siswa maupun guru menemukan media ini sangat membantu dalam proses pembelajaran. Selain itu, hasil tes menunjukkan bahwa 82,75% siswa berhasil memenuhi Kriteria Ketuntasan Minimum (KKM), yang menandakan bahwa media ini efektif dalam meningkatkan pemahaman materi di kelas. Hasil ini sejalan dengan penelitian Soimah (2018) yang menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi dapat meningkatkan hasil belajar siswa di era digital. Penelitian oleh (Hayya', 2023) juga mendukung temuan ini, menyatakan bahwa media interaktif dalam pembelajaran dapat meningkatkan motivasi dan partisipasi siswa. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi informasi dan komunikasi dalam pembelajaran tidak hanya memfasilitasi pemahaman materi, tetapi juga menciptakan lingkungan belajar yang lebih menarik dan interaktif bagi siswa (Riyanti et al., 2024)

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian adalah media pembelajaran berbasis web interaktif dengan pendekatan berdiferensiasi pada elemen Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) untuk siswa kelas delapan terbukti efektif. Pendekatan ini memungkinkan konten disesuaikan dengan berbagai gaya belajar siswa, menciptakan pengalaman pembelajaran yang fleksibel yang memenuhi kebutuhan individu dan mendukung peningkatan kualitas pembelajaran secara keseluruhan. Pengembangan media menggunakan model ADDIE memenuhi kriteria kelayakan yang sangat tinggi, didukung oleh teknologi seperti HTML, CSS, JavaScript, JSON, Firebase, Canva, dan Netlify. Validasi ahli menunjukkan bahwa media ini sangat valid dan cocok digunakan, dan penilaian terhadap kepraktisan serta efektivitas media menerima kategori yang sangat tinggi. Sebagai saran, perlu dikembangkan fitur interaktif yang lebih mendalam, seperti elemen penilaian berbasis proyek yang dinamis, serta melakukan uji coba dengan kelompok siswa yang lebih beragam untuk memvalidasi fleksibilitas media. Kolaborasi dengan guru untuk memperkaya konten dan pembaruan sesuai dengan perkembangan kurikulum juga penting untuk memastikan bahwa media tetap relevan dan mendukung tujuan pembelajaran di masa depan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami dengan tulus mengucapkan terima kasih kepada Rektor Universitas Negeri Malang atas bimbingan dan dukungan penuh terhadap penelitian ini, yang tidak akan terwujud tanpa kebijakan dan fasilitas yang diberikan oleh universitas. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Negeri Malang atas bantuan pendanaan dan bimbingannya sepanjang proses penelitian, serta penghargaan setinggi-tingginya kepada Direktur Sekolah Pascasarjana dan Kepala Program Pendidikan Profesi Guru (PPG) Universitas Negeri Malang atas dukungan dan masukan konstruktifnya. Penelitian ini yang berjudul "Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Web Interaktif Menggunakan Pendekatan Berdiferensiasi pada Elemen Teknologi Informasi dan Komunikasi dengan Model Pembelajaran

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Berbasis Masalah" tidak akan terwujud tanpa kolaborasi yang solid. Kami berharap hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi bagi perkembangan pendidikan di bidang teknologi informasi dan bermanfaat bagi semua pihak yang terlibat dalam proses pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

Anggraeni, A., Darmansyah, & Fitria, Y. (2023). Transformasi Peningkatan Kualitas Pembelajaran Di Sekolah Dasar Melalui Pemanfaatan Teknologi Informasi Dan Komunikasi. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, *08*, 5463–5477. https://doi.org/doi.org/10.23969/jp.v8i3.11453

BNSP. (2021). *Sertifikasi BNSP*. Https://Bnspsertifikasi.Id/. https://bnspsertifikasi.id/

Cahyadi, R. A. H. (2019). Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Addie Model. *Halaqa: Islamic Education Journal*, *3*(1), 35. https://doi.org/10.21070/halaqa.v3i1.2124

Ersan, Marli, S., & Uliyanti, E. (2019). Pengaruh Model Mind Mapping Terhadap Hasil Belajar Tematik. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Khatulistiwa*, *8*(3), 1–8. https://doi.org/https://doi.org/10.26418/jppk.v8i3.32381

Hayya', L. A. (2023). Dampak Media Pembelajaran Interaktif dalam Pendidikan. *EKSPONEN Universtisa Muhammadiyah Kotabumi*, *13*(2), 6. https://doi.org/https://doi.org/10.47637/eksponen.v13i2.788

Hidayat, F., & Nizar, M. (2021). Model Addie (Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation) Dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam Addie (Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation) Model in Islamic Education Learning. *Jurnal UIN*, *1*(1), 28–37.

Kurniawaty, J. B. (2024). Nasionalisme Di Era Digital : Tantangan Dan Peluang Bagi Generasi Z Indonesia Nationalism in the Digital Era : Challenges and Opportunities for Indonesia ' s Generation Z. *Jagaddhita*, *3*(2), 1–9.

Margita, E., Sukmawati, R. A., & Adini, M. H. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Web Pada Materi Pengetahuan Dasar Pemetaan Dengan Metode Tutorial. *Computing and Education Technology Journal*, *3*(1), 55. https://doi.org/10.20527/cetj.v3i1.8404

Masruroh, L., & Arif, S. (2021). Efektivitas Model Problem Based Learning Melalui Pendekatan Science Education for Sustainability dalam Meningkatkan Kemampuan Kolaborasi. *Jurnal Tadris IPA Indonesia*, *1*(2), 179–188. https://doi.org/10.21154/jtii.v1i2.171

Maulidta, H. S., & Wahyu. (2019). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Adobe Flash Untuk Pembelajaran Menulis Teks Eksposisi Siswa Kelas III SD Abstrak. *Https://Ejournal.Unesa.Ac.Id*, *Volume 06*, 681–692.

Nisa, A. F. (2023). Pembelajaran Diferensiasi DiscoTIK (Model Discovery Inquiry berbasis TIK) untuk meningkatkan kreativitas siswa. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Dasar*, 102–111. https://seminar.ustjogja.ac.id/index.php/semnas_dikdasUST/article/view/1104

Okpatrioka. (2023). Research And Development (R&D) Penelitian Yang Inovatif Dalam Pendidikan. *Dharma Acariya Nusantara: Jurnal Pendidikan, Bahasa Dan Budaya*, *1*(1), 86–100. https://doi.org/10.47861/jdan.v1i1.154

Riyanti, A., Agus, E., Sugito, E., Murthada, & Lapasau, M. (2024). Penguasaan Pendidikan Kewarganegaraan Di Sekolah Dasar Negeri: Pemanfaatan Teknologi Infiormasi Dan Komunikasi. *JRPP : Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran*, *7*(2), 3513–3520. https://doi.org/https://doi.org/10.31004/jrpp.v7i2.26544

Rohma, S., Subandowo, M., & Atiqoh. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Web

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Model ADDIE Untuk Mata Pelajaran Desain Grafis Percetakan. *MUADDIB: Studi Kependidikan Dan Keislaman. Vol. 12 No. 01 Januari-Juni 2022*, *12*(01), 1–23. https://doi.org/10.24269/muaddib.v1i1.4526

Sidabutar, N. A. L., & Reflina, R. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Matematika SMA dengan Aplikasi Animaker pada Materi Vektor. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, *6*(2), 1374–1386. https://doi.org/10.31004/cendekia.v6i2.1362

Sisco, R., & Turnip. (2023). Peningkatan Literasi Digital Di Kalangan Pelajar: Pengenalan Dan Praktik Penggunaan Teknologi Pendidikan Abstrak. *JRPP: Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran*, *6*(4), 2302–2310. https://doi.org/https://doi.org/10.31004/jrpp.v6i4.21733

Suherman, Y. (2021). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning Terhadap Hasil Belajar Mata Pelajaran Informatika Sma Negeri 2 Sungai Ambawang. *PINISI: Journal of Teacher Professional*, *2*(2), 94–100.

Sukmawati, R. A., Sari, D. P., Amin, R. Al, & Suryaningsih, Y. (2023). Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Web Pada Materi Program Linear Dengan Metode Drill and Practice. *EDU-MAT: Jurnal Pendidikan Matematika*, *11*(1), 97. https://doi.org/10.20527/edumat.v11i1.15100

Wahyuni, A. S. (2022). Literature Review: Pendekatan Berdiferensiasi Dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan Mipa*, *12*(2), 118–126. https://doi.org/10.37630/jpm.v12i2.562

Wardani, D. A. W. (2023). Problem Based Learning: Membuka Peluang Kolaborasi Dan Pengembangan Skill Siswa. *Jawa Dwipa : Jurnal Penelitian Dan Penjaminan Mutu*, *4*(1), 104–116. ejournal.sthd-jateng.ac.id

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Penerapan Regresi Semiparametrik *Spline Truncated* dalam Memodelkan Angka Harapan Hidup di Sumatera Utara

Cindy Wana Wulan[1*], Abil Mansyur[2]
[1,2,]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:cindywanawulan21@gmail.com*

Abstrak, salah satu indikator yang digunakan untuk menilai seberapa baik pemerintah meningkatkan kesejahteraan masyarakat adalah angka harapan hidup. Peningkatan angka harapan hidup di Sumatera Utara terjadi dari tahun ke tahun, tetapi masih dibawah rata-rata nasional. Tujuan penelitian ini adalah untuk memodelkan angka harapan hidup di Sumatera Utara tahun 2023. Metode yang digunakan yaitu regresi semiparametrik spline truncated. Kemudian model terbaik untuk memodelkan angka harapan hidup di Sumatera Utara yaitu tiga titik knot, diperoleh dari nilai GCV paling rendah. Berdasarkan hasil penelitian, terdapat tujuh variabel prediktor yang memiliki pengaruh signifikan, sementara satu variabel lainnya tidak berpengaruh signifikan terhadap angka harapan hidup Sumatera Utara yaitu tingkat partisipasi angkatan kerja. Berdasarkan model terbaik diperoleh nilai koefisien determinasi sebesar 99,6%, maka variabel prediktor mempengaruhi variabel respon angka harapan hidup Sumatera Utara sebesar 99,6%. Hasil evaluasi akurasi model menggunakan MAPE (Mean Absolute Percentage Error), dihasilkan nilai sebesar 0,95% sehingga model memiliki nilai akurasi yang sangat baik..
Kata kunci: Angka Harapan Hidup, Generalized Cross Validation, Semiparametrik, Spline Truncated, MAPE

Abstract*, one of the indicators used to assess how well the government is improving people's welfare is life expectancy. The increase in life expectancy in North Sumatra occurs from year to year, but is still below the national average. The purpose of this study is to model life expectancy in North Sumatra in 2023. The method used is semiparametric spline truncated regression. Then the best model to model life expectancy in North Sumatra is three knot points, obtained from the lowest GCV value. Based on the results of the study, there are seven predictor variables that have a significant effect, while one other variable has no significant effect on life expectancy in North Sumatra, namely the labor force participation rate. Based on the best model, the coefficient of determination is 99.6%, so the predictor variables affect the response variable of life expectancy of North Sumatra by 99.6%. The results of evaluating the accuracy of the model using MAPE (Mean Absolute Percentage Error), resulted in a value of 0.95% so that the model has a very good accuracy value.*
Keywords*: life expectancy, Generalized Cross Validation, Semiparametric, Spline Truncated, MAPE*

Citation: Wulan, C. W. & Mansyur, A. (2024). Penerapan Regresi Semiparametrik Spline Truncated dalam Memodelkan Angka Harapan Hidup di Sumatera Utara. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 567 – 577.

PENDAHULUAN

Salah satu indikator yang digunakan untuk menilai seberapa baik pemerintah meningkatkan kesejahteraan penduduk adalah angka harapan hidup. Tingginya angka harapan hidup di wilayah itu menggambarkan penduduknya sehat dan kemiskinan telah diatasi dengan baik (Yasin et al., 2022). Menurut (Gabrela et al., 2020) angka harapan hidup merupakan rata-rata total tahun yang diharapkan akan dilalui seseorang sejak kelahirannya. Angka harapan hidup sangat penting untuk mengetahui seberapa baik kesehatan seseorang sehingga mereka dapat hidup lebih lama.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Angka harapan hidup penduduk secara global berdasarkan divisi populasi perserikatan bangsa-bangsa tahun 2023 adalah 73,4 tahun, dimana 76 tahun untuk perempuan dan 70,8 tahun untuk laki-laki. Pada tahun 2023 Hongkong menjadi negara dengan angka harapan hidup paling tinggi secara global dengan harapan hidup mencapai 85,83 tahun (Worldometer, 2024). Pada tahun 2023, angka harapan hidup di Indonesia adalah 70,17 tahun untuk laki-laki dan 74,18 tahun untuk perempuan. Sedangkan, angka harapan hidup di Sumatera Utara tercatat 68,06 tahun untuk laki-laki dan 72 tahun untuk perempuan. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik menggambarkan peningkatan angka harapan hidup di Sumatera Utara dari tahun ke tahun, meskipun angkanya masih berada di bawah rata-rata nasional.

Sumatera Utara menempati peringkat kedua terendah dalam angka harapan hidup di Pulau Sumatera. Berdasarkan data BPS 2023, Riau memiliki angka harapan hidup tertinggi (70,28 tahun untuk laki-laki dan 74,29 tahun untuk perempuan), sedangkan Sumatera Utara hanya 68,06 tahun untuk laki-laki dan 72 tahun untuk perempuan. Hal ini menunjukkan perlunya peningkatan pelayanan kesehatan, lingkungan, dan kesejahteraan sosial di provinsi tersebut. Penelitian oleh (Nisa' & Budiantara, 2020) mengatakan bahwa tingginnya angka harapan hidup di wilayah tersebut menunjukkan bahwa penduduknya sehat dan kemiskinan telah diatasi. Angka harapan hidup Provinsi Sumatera Utara yang masih di bawah rata-rata nasional dan di posisi kedua terendah di pulau Sumatera menandakan kesehatan dan kemiskinan belum teratasi dengan baik.

Berdasarkan penelitian (Mukrom et al., 2021) faktor yang diduga memiliki pengaruh signifikan terhadap angka harapan hidup meliputi pendidikan, kesehatan, dan kondisi ekonomi. Faktor pendidikan ditentukan dengan faktor rata-rata lama sekolah, dan faktor lainnya adalah ketersediaan fasilitas kesehatan sebagai komponen penting untuk mendukung pelayanan kesehatan. Faktor ekonomi ditentukan oleh persentase penduduk miskin serta pengeluaran per kapita. Berdasarkan penelitian (Nisa' & Budiantara, 2020) faktor yang diduga memiliki pengaruh terhadap angka harapan hidup yaitu angka kematian bayi usia 0-11 bulan, rata-rata lama sekolah dan tingkat partisipasi angkatan kerja. Analisis regresi digunakan untuk memahami pengaruh berbagai faktor terhadap angka harapan hidup di Sumatera Utara, termasuk rata-rata lama sekolah, jaminan kesehatan, pelayanan kesehatan, angka kematian bayi, partisipasi kerja, indeks pembangunan manusia, kemiskinan, dan pengeluaran perkapita. Metode ini membantu mengidentifikasi faktor signifikan yang dapat digunakan sebagai dasar kebijakan peningkatan kesejahteraan masyarakat. Analisis regresi terdiri dari parametrik, nonparametrik, dan semiparametrik. (Tanaty et al., 2023).

Asumsi umum dalam regresi parametrik yaitu jenis kurva regresi merupakan pola hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor telah diketahui. Bentuk-bentuk kurva ini bisa berupa linear, kuadratik, kubik, polinomial derajat-p, eksponensial, dan sebagainya. Berbeda dengan regresi nonparametrik, dimana menggunakan kurva fungsi regresi yang tidak diketahui sebelumnya. Kurva regresi pada regresi nonparametrik diartikan halus serta termasuk dalam ruang fungsi tertentu, sehingga sangat fleksibel. Karena tidak terikat pada asumsi seperti pada regresi parametrik, metode regresi nonparametrik merupakan pilihan yang lebih baik ketika bentuk kurva regresi terbatas atau tidak ada asumsi tentang bentuk kurva regresi (Sanusi et al., 2020).

Regresi semiparametrik adalah penggabungan antara estimasi kurva regresi parametrik dan estimasi kurva regresi nonparametrik. Metode estimasi yang dapat digunakan untuk regresi semiparametrik adalah *Kernel, Fourier* dan *Spline*. Model regresi semiparametrik yang banyak digunakan yaitu regresi *spline* (Loklomin, 2019). *Spline* adalah salah satu bentuk polinomial yang tersegmentasi, atau sering disebut sebagai *piecewise polynomial.* Polinomial tersegmentasi memiliki

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

sifat terbagi-bagi, yang membuat *spline* lebih fleksibel dibandingkan polinomial konvensional. Fleksibilitas ini memungkinkan regresi spline menyesuaikan diri lebih baik dengan karakteristik lokal suatu data, sehingga menghasilkan fungsi regresi yang lebih akurat dan sesuai dengan pola data yang ada. (Yani et al., 2017). Salah satu basis fungsi yang biasa digunakan pada pendekatan *spline*, yaitu *spline truncated* (Dani et al., 2021).

Spline truncated adalah model regresi yang memiliki interpretasi statistik yang sangat unik dan baik secara visual. Selain itu, keunggulan dari *Spline truncated* adalah kemampuannya dalam menangani pola data yang mengalami perubahan tajam, baik naik maupun turun, dengan bantuan titik-titik knots, dan juga menghasilkan kurva yang relatif halus. (Utami & Prahutama, 2017). *Spline truncated* merupakan model yang cenderung dapat mencari sendiri estimasi data di mana pun pola data bergerak dikarenakan terdapat titik-titik knot. Titik knot berfungsi sebagai titik peralihan yang menunjukkan adanya perubahan fungsi *spline* di berbagai interval. (Erlando et al., 2022).

Penelitian sebelumnya mengenai pemodelan dengan regresi semiparametrik *spline truncated* dilakukan oleh (Loklomin, 2019) yaitu memodelkan indeks pembangunan manusia di kepulauan Maluku dengan pendekatan regresi semiparametrik *spline truncated*. Model terbaik pada penelitian ini adalah dengan tiga titik knot dan nilai GCV minimum 0,346 serta nilai R-Square sebesar 99,97%. Kemudian penelitian oleh (Mudawamah et al., 2022) mengenai pemodelan indeks pembangunan manusia di Jawa Timur dengan pendekatan regresi semiparametrik *spline truncated.* Pada penelitian ini model terbaik terdapat pada tiga titik knot dengan nilai GCV minimum yaitu 0,019 serta nilai koefisien determinasi sebesar 99,964%. (Yani et al., 2017) melakukan penelitian terhadap kasus pasien demam berdarah dengue di rumah sakit Puri Raharja dengan menggunakan model regresi semiparametrik *spline truncated*. Penelitian tersebut menggunakan satu titik knot dengan nilai GCV minimum 0,0355, nilai MSE sebesar 0,029 dan R-Square sebesar 98,91%.Penelitian ini bertujuan menentukan model angka harapan hidup di Sumatera Utara menggunakan regresi semiparametrik spline truncated, mengukur pengaruh variabel prediktor, dan menilai akurasi model.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur dan deskriptif kuantitatif dengan data sekunder dari Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara. Tahap awal meliputi pengumpulan dan analisis statistik deskriptif untuk menentukan karakteristik data. Selanjutnya, dilakukan analisis hubungan variabel melalui scatter plot dan uji normalitas guna menentukan pendekatan parametrik atau nonparametrik. Model angka harapan hidup dibangun menggunakan regresi semiparametrik spline truncated, dengan titik knot optimal ditentukan melalui Generalized Cross Validation (GCV) dengan persamaan (1). Evaluasi model dilakukan menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dengan persamaan (3), serta pengujian asumsi residual (normalitas, autokorelasi, dan heteroskedastisitas). Uji serentak dan parsial dilakukan untuk menilai signifikansi variabel dalam model, diikuti perhitungan koefisien determinasi (R^2) untuk mengukur pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon. Penelitian diakhiri dengan interpretasi hasil model sebagai kesimpulan.

$$GCV = \frac{MSE(k)}{\left[n^{-1}trace\left(I - A(K)\right)\right]^2} \quad (1)$$

dimana, I: Matriks Identitas, K: Banyaknya titik knot, n: Banyaknya data, $A(K)$: Matriks $X_k(X_K^T X_K)^{-1}X_K^T$, dan Rumus MSE menggunakan persamaan (2).

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(Y_i - \hat{Y}_i\right)^2 \quad (2)$$

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left| \frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right|}{n} \times 100\% \quad (3)$$

dimana Y_i: Nilai aktual dari variabel ke i, $\hat{Y}_i$: Nilai yang diprediksi oleh model ke i, n: Jumlah pengamatan. Kriteria MAPE terdiri dari Sangat Akurat (0≤ MAPE < 10%), Akurat (10 ≤ MAPE < 20%), Cukup Akurat (20 ≤ MAPE < 50%), dan Tidak Akurat (MAPE ≥ 50%).

HASIL DAN PEMBAHASAN

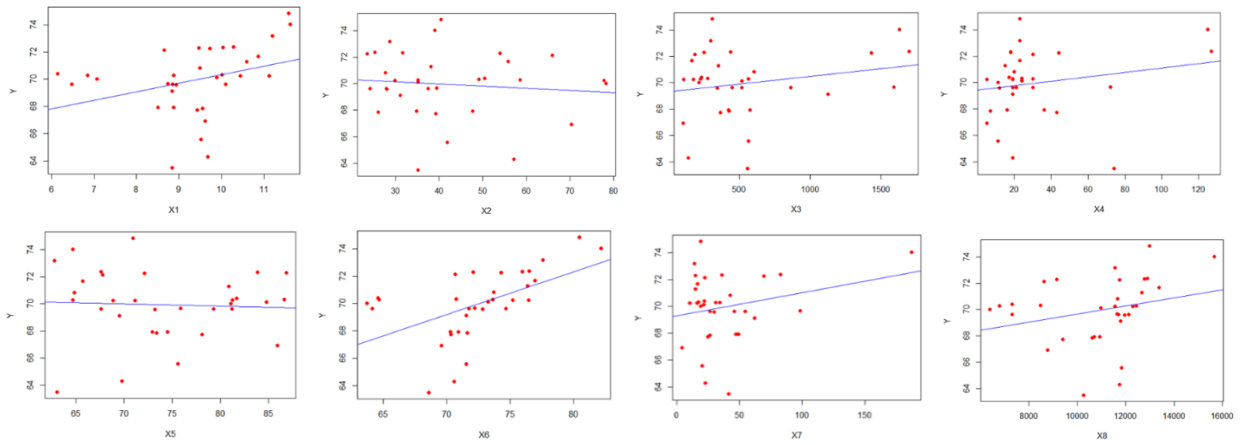
Variabel pada penelitian ini adalah angka harapan hidup (y), rata-rata lama sekolah (x_1), pengguna BPJS kesehatan (x_2), jumlah pelayanan kesehatan (x_3), angka kematian bayi (x_4), tingkat partisipasi angkatan kerja (x_5), indeks pembangunan manusia (x_6), jumlah penduduk miskin (x_7) dan pengeluaran perkapita (x_8). Deskripsi data diperlukan untuk mengetahui tentang sifat-sifat data yang akan dianalisis. Karakteristik variabel penelitian ditunjukkan dalam tabel 1 mengenai nilai maksimum, minimum, mean, varians serta standar deviasi pada setiap variabel penelitian.

Tabel 1. Karakteristik Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan	Max	Min	Mean	Varians	Standar Deviasi
y	Angka Harapan Hidup	74,83	63,52	69,95	6,3547	2,52
x_1	Rata-rata lama sekolah	11,62	6,140	9,38	1,8006	1,3419
x_2	Pengguna BPJS kesehatan	78.32	23,54	41,99	236,589	15,3814
x_3	Jumlah pelayanan kesehatan	1699	103	536,8	203991,9	451,65
x_4	Angka kematian bayi	127	5	30,27	851,267	29,177
x_5	Tingkat partisipasi angkatan kerja	86,89	62,79	74,20	55,4044	7,4434
x_6	Indeks Pembangunan Manusia	82,19	63,70	72,41	18,8236	4,3386
x_7	Jumlah penduduk miskin	187,28	4,01	37,57	1176,375	34,2983
x_8	Pengeluaran perkapita	15674	6382	10911	4412017	2100,48

Sumber : Badan Pusat Statistik Sumatera Utara (2023)

Pola hubungan variabel respon dan setiap variabel prediktor bisa dianalisis dengan *scatter plot* dan melakukan uji normalitas data. Penentuan pola data bertujuan untuk menentukan komponen parametrik dan komponen nonparametrik, kemudian dilanjutkan melakukan uji normalitas untuk memperkuat hasil analisis. Berikut adalah *scatter plot* yang memberi gambaran pola hubungan antara variabel prediktor dengan variabel respon.



Gambar 1. *Scatterplot* Angka Harapan Hidup dengan masing-masing Variabel Prediktor

Pada gambar 1 dapat dilihat bahwa X_1, X_5 dan X_6 terdapat suatu pola hubungan linear garis lurus dan mempentuk pola data serta mendekati garis linear, sehingga variabel tersebut termasuk variabel bersifat parametrik, sedangkan, X_2, X_3, X_4, X_7 dan X_8 pola hubungannya tidak ada kecenderungan hubungan pola tertentu yang diartikan hubungannya bersifat non parametrik.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Untuk mengetahui sebuah data termasuk kedalam kelompok parametrik atau nonparametrik adalah dengan melakukan uji normalitas terhadap data variabel prediktor dengan hipotesis sebagai berikut; $H_0 : \mu = 0$ maka data normal; dan $H_1 : \mu \neq 0$ maka data tidak normal. Sedangkan pada pengujian hipotesis tersebut, kriteria berikut digunakan untuk terima atau tolak hipotesis H_0 berdasarkan *p-value* atau nilai signifikansi uji, jika *p-value* $< \alpha = 0{,}05$ sehingga H_0 ditolak dan jika *p-value* $> \alpha = 0{,}05$ sehingga H_0 diterima. Berikut hasil uji normalitas data setiap variabel prediktor:

Tabel 3. Hasil Uji Normalitas Variabel Prediktor

Variabel Prediktor	Keterangan	*p-value*	Komponen	Variabel
x_1	Rata-rata lama sekolah	0,09924	Parametrik	x_1
x_2	Pengguna BPJS kesehatan	0,0118	Nonparametrik	t_1
x_3	Jumlah pelayanan kesehatan	6,16e-06	Nonparametrik	t_2
x_4	Angka kematian bayi	1,112e-07	Nonparametrik	t_3
x_5	Tingkat partisipasi angkatan kerja	0,2887	Parametrik	x_2
x_6	Indeks Pembangunan Manusia	0,1515	Parametrik	x_3
x_7	Jumlah penduduk miskin	0,004192	Nonparametrik	t_4
x_8	Pengeluaran perkapita	0,00248	Nonparametrik	t_5

kemudian dari hasil pengujian normalitas data pada tabel 3 menunjukkan daftar komponen parametrik serta komponen nonparametrik pada penelitian ini.

Setelah mengidentifikasi pola hubungan antara variabel respons dan variabel prediktor yang diperkirakan berpengaruh, dilakukan pemodelan dengan metode regresi semiparametrik *spline truncated*. Pemodelan ini melibatkan penggunaan satu, dua, dan tiga titik knot. Berikut adalah model regresi semiparametrik *spline truncated* yang diterapkan dalam penelitian ini.

Titik knot optimal dalam suatu model dapat ditentukan dengan cara memilih nilai GCV (*Generalized Cross Validation*) yang paling minimum. Berikut ini disajikan pemodelan yang dilakukan pada masing-masing titik knot yang telah ditentukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi titik knot yang memberi hasil nilai GCV terendah dan memberikan hasil yang paling akurat.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \sum_{r=0}^{m} \gamma_{r1} t_{i1}^r + \sum_{s=1}^{k} \gamma_{(m+s),1} (t_{i1} - k_s)^m + \sum_{r=0}^{m} \gamma_{r2} t_{i2}^r + \sum_{s=1}^{k} \gamma_{(m+s),2} (t_{i2} - k_s)^m + \sum_{r=0}^{m} \gamma_{r3} t_{i3}^r + \sum_{s=1}^{k} \gamma_{(m+s),3} (t_{i3} - k_s)^m + \sum_{r=0}^{m} \gamma_{r4} t_{i4}^r + \sum_{s=1}^{k} \gamma_{(m+s),4} (t_{i4} - k_s)^m + \sum_{r=0}^{m} \gamma_{r5} t_{i5}^r + \sum_{s=1}^{k} \gamma_{(m+s),5} (t_{i5} - k_s)^m$$

Model regresi semiparametrik *spline truncated* menggunakan satu titik knot, $y_i = \varphi + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \gamma_{11} t_{i1} + \gamma_{21}(t_{i1} - k_1) + \gamma_{12} t_{i2} + \gamma_{22}(t_{i2} - k_1) + \gamma_{13} t_{i3} + \gamma_{23}(t_{i3} - k_1) + \gamma_{14} t_{i4} + \gamma_{24}(t_{i4} - k_1) + \gamma_{15} t_{i5} + \gamma_{25}(t_{i5} - k_1) + \varepsilon_i$. Nilai GCV minimum sebesar 0,479151, dengan titik knot pada variabel sebagai berikut: pengguna BPJS kesehatan (32,484), jumlah pelayanan kesehatan (363,571), angka kematian bayi (24,918), jumlah penduduk miskin (33,932), dan pengeluaran per kapita (7,899.061).

Model regresi semiparametrik *spline truncated* menggunakan dua titik knot, $y_i = \varphi + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \gamma_{11} t_{i1} + \gamma_{21}(t_{i1} - k_1) + \gamma_{31}(t_{i1} - k_2) + \gamma_{12} t_{i2} + \gamma_{22}(t_{i2} - k_1) + \gamma_{32}(t_{i2} - k_2) + \gamma_{13} t_{i3} + \gamma_{23}(t_{i3} - k_1) + \gamma_{33}(t_{i3} - k_2) + \gamma_{14} t_{i4} + \gamma_{24}(t_{i4} - k_1) + \gamma_{34}(t_{i4} - k_2) + \gamma_{15} t_{i5} + \gamma_{25}(t_{i5} - k_1) + \gamma_{35}(t_{i5} - k_2) + \varepsilon_i$. Nilai GCV minimum dengan dua titik knot adalah 0,43541, dengan titik knot pada variabel: pengguna BPJS kesehatan (38,073 & 53,725), jumlah pelayanan kesehatan (526,429 & 982,429), angka kematian bayi (37,367 & 72,224), jumlah penduduk miskin (52,633 & 104,996), dan pengeluaran per kapita (8,847.224 & 11,502.082).

Model regresi semiparametrik *spline truncated* menggunakan tiga titik knot, $y_i = \varphi + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \gamma_{11} t_{i1} + \gamma_{21}(t_{i1} - k_1) + \gamma_{31}(t_{i1} - k_2) + \gamma_{41}(t_{i1} - k_3) + \gamma_{12} t_{i2} + \gamma_{22}(t_{i2} - k_1) + \gamma_{32}(t_{i2} - k_2) +$

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

$\gamma_{42}(t_{i2}-k_3)+\gamma_{13}t_{i3}+\gamma_{23}(t_{i3}-k_1)+\gamma_{33}(t_{i3}-k_2)+\gamma_{43}(t_{i3}-k_3)+\gamma_{14}t_{i4}+\gamma_{24}(t_{i4}-k_1)+\gamma_{34}(t_{i4}-k_2)+\gamma_{44}(t_{i4}-k_3)+\gamma_{15}t_{i5}+\gamma_{25}(t_{i5}-k_1)+\gamma_{35}(t_{i5}-k_2)+\gamma_{45}(t_{i5}-k_3)+\varepsilon_i$. Nilai GCV minimum dengan tiga titik knot adalah 0,262884, dengan titik knot pada variabel: pengguna BPJS kesehatan (32,484; 45,899; 49,253), jumlah pelayanan kesehatan (363,571; 754,429; 852,143), angka kematian bayi (24,918; 54,796; 62,265), jumlah penduduk miskin (33,932; 78,814; 90,035), dan pengeluaran per kapita (7,899.061; 10,174.653; 10,743.551).

Model terbaik untuk memprediksi angka harapan hidup di Sumatera Utara ditentukan dengan membandingkan nilai GCV minimum pada regresi spline dengan satu knot (0,479151), dua knot (0,535410), dan tiga knot (0,262885). Model dengan tiga titik knot dipilih karena memiliki nilai GCV terendah. Setelah model diperoleh, estimasi parameter dilakukan menggunakan metode Ordinary Least Squares (OLS) untuk menentukan hubungan antara variabel prediktor dan respon.

Tabel 4. Estimasi parameter

Variabel	Parameter	Estimasi
-	φ	0.0384501184
x_1	β_1	-2.1439298373
x_2	β_2	0.0197234604
x_3	β_3	1.6067516301
t_1	γ_{11}	-0.0764228515
	γ_{21}	0.0101102136
	γ_{31}	0.0552834548
	γ_{41}	-0.0483510730
t_2	γ_{12}	-0.0031749167
	γ_{22}	-0.0640519470
	γ_{32}	1.1272294426
	γ_{42}	-0.9607819881
t_3	γ_{13}	-0.0098589860
	γ_{23}	0.0022688836
	γ_{33}	-0.0040955014
	γ_{43}	-0.0566225827
t_4	γ_{14}	-0.1851712627
	γ_{24}	0.1804565296
	γ_{34}	0.0878008078
	γ_{44}	0.1071823522
t_5	γ_{15}	-0.1694042663
	γ_{25}	0.0018059111
	γ_{35}	-0.0006998039
	γ_{45}	0.0013389703

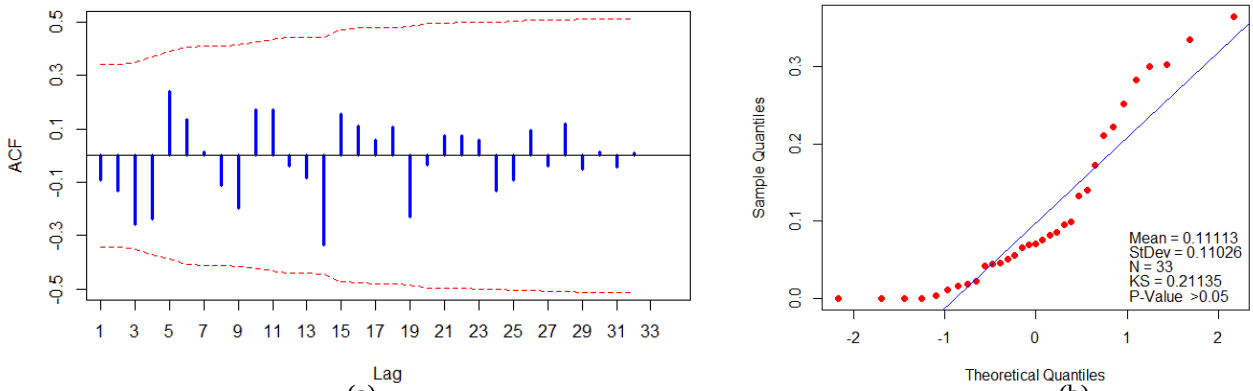
Tabel 4 menyajikan informasi mengenai estimasi parameter model regresi semiparametrik *spline truncated* terbaik menggunakan titik knot optimal. Berikut adalah persamaan regresi semiparametrik *spline truncated* yang terbentuk. $y_i = 0{,}038845 - 2{,}143929x_{i1} + 0{,}019723x_{i2} + 1{,}606752x_{i3} - 0{,}076423 + 0{,}01011(t_{i1} - 32{,}483673) + 0{,}055283(t_{i1} - 45{,}899184) - 0{,}048351(t_{i1} - 49{,}253061) - 0{,}003175t_{i2} - 0{,}064052(t_{i2} - 363{,}571429) + 1{,}127229(t_{i2} - 754{,}428571) - 0{,}960782(t_{i2} - 852{,}142857) - 0.009858t_{i3} + 0{,}002269(t_{i3} - 24{,}918367) - 0{,}004096(t_{i3} - 54{,}795918) - 0{,}056623(t_{i3} - 62{,}265306) - 0{,}185171t_{i4} + 0{,}180457(t_{i4} - 33{,}931633) + 0{,}087801(t_{i4} - 78{,}814082) + 0{,}107182(t_{i4} - 90{,}034694) - 0{,}169404t_{i5} + 0{,}001806(t_{i5} - 7899{,}061224) - 0{,}000699(t_{i5} - 10174{,}65306) + 0{,}001339(t_{i5} - 10743{,}55102)$.

Setelah estimasi parameter setiap variabel prediktor diketahui, kemudian dilakukan uji asumsi residual. Uji identik, indikasi identik dapat diketahui dengan menggunakan uji glejser. Hipotesis uji identik yaitu; $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \cdots = \sigma_n^2 = \sigma^2$, H_1 : paling sedikit ada satu $\sigma_1^2 \neq \sigma^2$. Hasil dari pengujian identik dengan uji glejser diperoleh nilai F hitung adalah sebesar 0,9102492 dengan nilai *p-value* yaitu 0,59847. Taraf signifikan pada uji ini yaitu 0,05. Sehingga nilai *p-value* yaitu 0,59847 >

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

0,05 maka H_0 diterima. Oleh karena itu, residual yang diperoleh dari model memenuhi asumsi identik dikarenakan tidak terdapat heteroskedastisitas.Uji independent dilakukan dengan plot *Autocorrelation Function* (ACF). Gambar 2(a) memberi informasi dari lag 1 sampai lag 33, tidak ada lag yang melebihi batas signifikansi. Oleh karena itu, berdasarkan plot ACF residual, maka disimpulkan tidak terdapat autokorelasi pada residual, dikarenakan tidak ada autokorelasi maka residual bersifat independen sehingga asumsi independen terpenuhi.

Uji Normal yang digunakan adalah uji *Kolmogorov-Smirnov*. Hipotesis pada uji ini adalah, H_0: Residual berdistribusi norma dan H_1: Residual tidak berdistribusi normal. Gambar 2 (b) memberikan informasi *normal probability plot* residul. Berdasarkan plot diperlihatkan bahwa pola residual mengikuti garis normal, maka residual berdistribusi normal. Jika berdasarkan nilai *p-value* uji *kolmogorov-smirnov* dari gambar 2(b) nilai *p-value* > 0,05. Oleh karena itu menggunakan taraf signifikan sebesar 0,05 H_0 diterima, yang berarti residual model berdistribusi normal.



(a) (b)

Gambar 2: (a) Plot ACF residual, dan (b) *Normal probability plot* residual

Pengujian signifikansi parameter untuk menentukan apakah setiap variabel prediktor memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel respon angka harapan hidup di Sumatera Utara. Tahap pertama yang dilakukan adalah uji serentak, apabila uji serentak hasilnya tolak H_0 maka perlu dilakukan pengujian secara parsial. Uji serentak bertujuan mengevaluasi parameter regresi yang melibatkan semua variabel prediktor secara bersamaan. Hipotesis yang dipakai pada pengujian serentak yaitu, $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \gamma_{11} = \cdots = \gamma_{45} = 0$ dan H_0 : paling sedikit ada satu $\gamma_j \neq 0$ atau $\beta_k \neq 0$. Hasil uji parameter secara serentak diperoleh F hitung yaitu 98,08218 dengan nilai *p-value* yaitu 3,188997e-08. Uji serentak menggunakan taraf signifikan 0,05 maka keputusan dari uji serentak adalah tolak H_0 dikarenakan nilai *p-value* yaitu 3,188997e-08 < 0,05 sehingga keputusan hasil uji adalah terdapat setidaknya satu variabel prediktor yang berpengaruh pada angka harapan hidup di Sumatera Utara. Hasil uji yang tolak H_0 maka selanjutnya dilakukan uji parsial. Uji parsial dengan hipotesis pada parameter regresi parametrik, $H_0 : \beta_k = 0$ dan $H_1 : \beta_k \neq 0, k = 1, 2, 3$, sedangkan untuk hipotesis parameter regresi nonparametrik, $H_0 : \gamma_j = 0$ dan $H_1 : \gamma_j \neq 0; j = 1, 2, \ldots$

Tujuan dilakukannya uji parsial ini adalah untuk mengetahui variabel prediktor yang berpengaruh signifikan pada variabel angka harapan hidup di Sumatera Utara. Berikut hasil uji parsial pada masing-masing parameter setiap variabel prediktor disajikan dalam tabel 5.

Tabel 5. Uji parsial

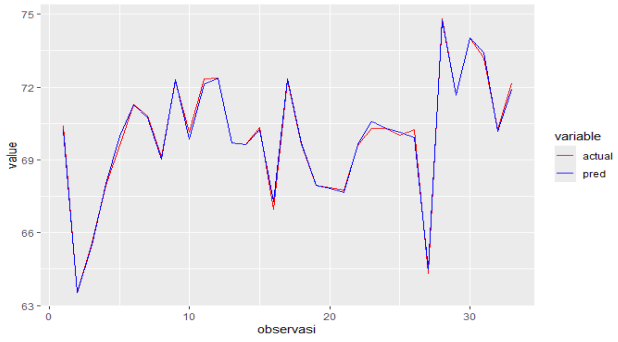
Variabel	Parameter	Estimasi	P-Values	Kesimpulan
-	φ	0.0384501184	6,15496E-08	Signifikan
x_1	β_1	-2.1439298373	1,64942E-06	Signifikan
x_2	β_2	0.0197234604	0,187806025	Tidak Signifikan
x_3	β_3	1.6067516301	3,50899E-10	Signifikan

Variabel	Parameter	Estimasi	P-Values	Kesimpulan
t_1	γ_{11}	-0.0764228515	0,133803011	Tidak Signifikan
	γ_{21}	0.0101102136	0,001109073	Signifikan
	γ_{31}	0.0552834548	0,034460672	Signifikan
	γ_{41}	-0.0483510730	0,017559916	Signifikan
t_2	γ_{12}	-0.0031749167	1,93664E-05	Signifikan
	γ_{22}	-0.0640519470	0,421509981	Tidak Signifikan
	γ_{32}	1.1272294426	0,000407699	Signifikan
	γ_{42}	-0.9607819881	0,000518454	Signifikan
t_3	γ_{13}	-0.0098589860	0,006983221	Signifikan
	γ_{23}	0.0022688836	0,66985488	Tidak Signifikan
	γ_{33}	-0.0040955014	0,41459089	Tidak Signifikan
	γ_{43}	-0.0566225827	0,214383689	Tidak Signifikan
t_4	γ_{14}	-0.1851712627	0,118753169	Tidak Signifikan
	γ_{24}	0.1804565296	0,102899359	Tidak Signifikan
	γ_{34}	0.0878008078	0,007943085	Signifikan
	γ_{44}	0.1071823522	0,178106755	Tidak Signifikan
t_5	γ_{15}	-0.1694042663	0,063452186	Tidak Signifikan
	γ_{25}	0.0018059111	0,022489647	Signifikan
	γ_{35}	-0.0006998039	0,643317635	Tidak Signifikan
	γ_{45}	0.0013389703	0,263096227	Tidak Signifikan

Taraf signifikan yang digunakan dalam uji parsial sebesar 0,05. Jika nilai salah satu *p-value* kurang dari taraf signifikan 0,05 maka H_0 ditolak maka variabel tersebut signifikan. Pada tabel 5 terdapat satu variabel yang tidak signifikan berpengaruh pada angka harapan hidup di Sumatera Utara yaitu x_2 variabel tingkat partisipasi angkatan kerja.

Evaluasi Model dengan Menggunakan MAPE

Model regresi semiparametrik *spline truncated* dievaluasi menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebagai ukuran menilai keakuratan prediksi. Titik knot optimal dengan menggunakan regresi semiparametrik *spline truncated* menggunakan tiga titik knot menghasilkan nilai GCV minimum sebesar 0,2628845 dan nilai MAPE 0,9469796. Nilai MAPE tiga titik knot sebesar 0,95% < 10% maka model regresi yang digunakan dinyatakan sangat baik. Sehingga model regresi semiparametrik *spline truncated* dengan tiga titik knot mempunyai nilai akurasi yang sangat baik. Hasil plotting angka harapan hidup (y) dengan y prediksi digambarkan pada gambar 3.



Gambar 3. Plot Angka Harapan Hidup (y) dan y prediksi

Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 99,6% menunjukkan bahwa model regresi semiparametrik spline truncated mampu menjelaskan 99,6% pengaruh variabel prediktor—termasuk rata-rata lama sekolah, partisipasi angkatan kerja, indeks pembangunan manusia, pengguna BPJS, layanan kesehatan, angka kematian bayi, jumlah penduduk miskin, dan pengeluaran per kapita—terhadap angka harapan hidup di Sumatera Utara.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Model yang diperoleh kemudian di interpretasikan untuk setiap variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon angka harapan hidup di Sumatera Utara. Berikut secara satu per satu dijelaskan model yang telah diperoleh, pertama hubungan antara rata-rata lama sekolah dan angka harapan hidup di Sumatera Utara menggunakan asumsi bahwa variabel prediktor lainnya tetap konstan yaitu $y_{x1} = 0{,}038845 - 2{,}143929x_{i1}$ dapat diartikan apabila rata-rata lama sekolah di Sumatera Utara meningkat satu tahun, maka angka harapan hidup akan menurun sebesar 2,143929.

Kemudian hubungan antara indeks pembangunan manusia dan angka harapan hidup di Sumatera Utara menggunakan asumsi bahwa variabel prediktor lainnya tetap konstan yaitu $y_{x3} = 0{,}038845 + 1{,}606752x_{i3}$, dapat daiartikan angka harapan hidup akan meningkat sebesar 1,606752. Hubungan antara pengguna BPJS kesehatan terhadap angka harapan hidup di Sumatera Utara menggunakan asumsi bahwa variabel prediktor lainnya tetap konstan yaitu $y_{t1} = -0{,}076423t_{i1} + 0{,}01011(t_{i1} - 32{,}483673) + 0{,}055283(t_{i1} - 45{,}899184) - 0{,}048351(t_{i1} - 49{,}253061)$, dimana $-0{,}076423t_{i1}$ untuk $t_1 < 32{,}483673$, $-0{,}328409 - 0{,}066313t_1$ untuk $32{,}483673 \leq t_1 < 45{,}899184$, $-2{,}865854 - 0{,}013483t_1$ untuk $45{,}899184 \leq t_1 < 49{,}253061$, dan $-0{,}484419 - 0{,}061834t_1$ untuk $t_1 \geq 49{,}253061$. Peningkatan jumlah pengguna BPJS Kesehatan di Sumatera Utara justru berdampak pada penurunan angka harapan hidup. Jika pengguna BPJS kurang dari 32,484%, setiap kenaikan 1% menurunkan angka harapan hidup sebesar 0,076423. Dalam rentang 32,484%–45,899%, penurunan sebesar 0,066313 per 1% kenaikan. Pada 45,899%–49,253%, dampaknya lebih kecil, yakni 0,013483. Namun, jika pengguna BPJS melebihi 49,253%, kenaikan 1% tetap menurunkan angka harapan hidup sebesar 0,061834..

Hubungan antara jumlah pelayanan kesehatan terhadap angka harapan hidup di Sumatera Utara menggunakan asumsi bahwa variabel prediktor lainnya tetap adalah $y_{t2} = -0{,}003175t_{i2} - 0{,}064052(t_{i2} - 363{,}571429) + 1{,}127229(t_{i2} - 754{,}428571) - 0{,}960782(t_{i2} - 852{,}142857)$, dimana $-0{,}003175t_2$ untuk $t_2 < 363{,}571429$; $23{,}287477 - 0{,}067227t_2$ untuk $363{,}571429 \leq t_2 < 754{,}428571$; $-827{,}126287 + 1{,}060002t_2$ untuk $754{,}428571 \leq t_2 < 852{,}142857$; dan $-8{,}402769 + 0{,}09922t_2$ untuk $t_2 \geq 852{,}142857$. Dari persamaan tersebut diperoleh Pengaruh jumlah pelayanan kesehatan terhadap angka harapan hidup di Sumatera Utara bervariasi. Jika jumlah layanan kurang dari 363,57, setiap kenaikan 1 unit justru menurunkan angka harapan hidup sebesar 0,003175. Pada rentang 363,57–754,43, penurunannya lebih besar, yaitu 0,067227 per 1 unit kenaikan. Namun, jika jumlah layanan mencapai 754,43–852,14, angka harapan hidup meningkat 1,060002 per 1 unit kenaikan. Jika melebihi 852,14, peningkatannya sebesar 0,09922 per 1 unit tambahan layanan.

Hubungan antara angka kematian bayi terhadap angka harapan hidup di Sumatera Utara menggunakan asumsi bahwa variabel prediktor lainnya tetap adalah $y_{t3} = -0.009858t_{i3} + 0{,}002269(t_{i3} - 24{,}918367) - 0{,}004096(t_{i3} - 54{,}795918) - 0{,}056623(t_{i3} - 62{,}265306)$. Dimana $-0{,}009858t_3$ untuk $t_3 < 24{,}918367$; $-0{,}0565397 - 0{,}007589t_3$ untuk $24{,}918367 \leq t_3 < 54{,}795918$; $0{,}167904 - 0{,}011685t_3$ untuk $54{,}795918 \leq t_3 < 62{,}265306$; dan $3{,}693552 - 0{,}068308t_3$ untuk $t_3 \geq 62{,}265306$. Peningkatan angka kematian bayi di Sumatera Utara berdampak pada penurunan angka harapan hidup. Jika jumlah kematian bayi kurang dari 24,92, kenaikan 1 unit menurunkan angka harapan hidup sebesar 0,009858. Pada rentang 24,92–54,80, penurunannya 0,007589 per 1 unit. Dalam rentang 54,80–62,27, dampaknya meningkat menjadi 0,011685. Jika kematian bayi melebihi 62,27, setiap kenaikan 1 unit menurunkan angka harapan hidup sebesar 0,068308.

Hubungan antara jumlah penduduk miskin terhadap angka harapan hidup di Sumatera Utara menggunakan asumsi bahwa variabel prediktor lainnya tetap adalah $y_{t4} = -0{,}185171t_{i4} +$

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

$0{,}180457(t_{i4} - 33{,}931633) + 0{,}087801(t_{i4} - 78{,}814082) + 0{,}107182(t_{i4} - 90{,}034694)$; dimana $-0{,}185171t_4$ untuk $t_4 < 33{,}931633$; $-6{,}123201 - 0{,}004714t_4$ untuk $33{,}931633 \leq t_4 < 78{,}814082$; $-13{,}043156 + 0{,}083087t_4$ untuk $78{,}814082 \leq t_4 < 90{,}034694$; dan $-22{,}693254 + 0{,}190269t_4$ untuk $t_4 \geq 90{,}034694$. Jumlah penduduk miskin berpengaruh pada angka harapan hidup di Sumatera Utara. Jika jumlahnya kurang dari 33,93, kenaikan 1 unit menurunkan angka harapan hidup sebesar 0,185171. Pada rentang 33,93–78,81, penurunannya 0,004714 per 1 unit. Namun, jika berada di 78,81–90,03, angka harapan hidup justru meningkat 0,083087 per 1 unit kenaikan. Jika penduduk miskin melebihi 90,03, peningkatannya lebih besar, yaitu 0,190269 per 1 unit tambahan.

Hubungan antara pengeluaran perkapita terhadap angka harapan hidup di Sumatera Utara menggunakan asumsi bahwa variabel prediktor lainnya tetap adalah $y_{t5} = -0{,}169404t_{i5} + 0{,}001806(t_{i5} - 7899{,}061224) - 0{,}000699(t_{i5} - 10174{,}65306) + 0{,}001339(t_{i5} - 10743{,}55102)$. Dimana $-0{,}169404t_5$ untuk $t_5 < 7899{,}061224$; $-14{,}265704 - 0{,}001806t_5$ untuk $7899{,}061224 \leq t_5 < 10174{,}65306$; $-21{,}377786 - 0{,}168297t_5$ untuk $10174{,}65306 \leq t_5 < 10743{,}55102$ dan $-35{,}763401 - 0{,}166958t_5$ untuk$t_5 \geq 10743{,}55102$. Pengeluaran per kapita memengaruhi angka harapan hidup di Sumatera Utara. Jika kurang dari 7.899, kenaikan 1 unit menurunkan angka harapan hidup sebesar 0,169404. Pada rentang 7.899–10.174, penurunannya 0,001806 per 1 unit. Untuk 10.174–10.743, penurunannya lebih besar, yaitu 0,168297 per 1 unit. Jika pengeluaran per kapita melebihi 10.743, angka harapan hidup tetap menurun sebesar 0,166958 per 1 unit tambahan.

KESIMPULAN

Model regresi semiparametrik *spline truncated* terbaik untuk memodelkan angka harapan hidup di Sumatera Utara pada tahun 2023 menggunakan titik knot optimal yaitu tiga titik knot, yaitu sebagai berikut:$y_i = 0{,}038845 - 2{,}143929x_{i1} + 0{,}019723x_{i2} + 1{,}606752x_{i3} - 0{,}076423 + 0{,}01011(t_{i1} - 32{,}483673) + 0{,}055283(t_{i1} - 45{,}899184) - 0{,}048351(t_{i1} - 49{,}253061) - 0{,}003175t_{i2} - 0{,}064052(t_{i2} - 363{,}571429) + 1{,}127229(t_{i2} - 754{,}428571) - 0{,}960782(t_{i2} - 852{,}142857) - 0.009858t_{i3} + 0{,}002269(t_{i3} - 24{,}918367) - 0{,}004096(t_{i3} - 54{,}795918) - 0{,}056623(t_{i3} - 62{,}265306) - 0{,}185171t_{i4} + 0{,}180457(t_{i4} - 33{,}931633) + 0{,}087801(t_{i4} - 78{,}814082) + 0{,}107182(t_{i4} - 90{,}034694) - 0{,}169404t_{i5} + 0{,}001806(t_{i5} - 7899{,}061224) - 0{,}000699(t_{i5} - 10174{,}65306) + 0{,}001339(t_{i5} - 10743{,}55102)$

Variabel yang berpengaruh signifikan terhadap angka harapan hidup di Sumatera Utara meliputi rata-rata lama sekolah, indeks pembangunan manusia, pengguna jaminan kesehatan, jumlah pelayanan kesehatan, angka kematian bayi, jumlah penduduk miskin, dan pengeluaran per kapita, sementara tingkat partisipasi angkatan kerja tidak berpengaruh signifikan. Model terbaik menunjukkan koefisien determinasi 99,6%, yang berarti variabel prediktor dapat menjelaskan angka harapan hidup dengan sangat baik. Dengan nilai MAPE sebesar 0,95%, model regresi semiparametrik spline truncated dengan tiga titik knot memiliki akurasi yang sangat tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing skripsi, serta kepada semua orang yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam menyelesaikan karya ilmiah ini. Karya ilmiah ini semoga bermanfaat bagi pembacanya.

DAFTAR PUSTAKA

Dani, A. T. R., Ni'matuzzahroh, L., Ratnasari, V., & Budiantara, I. N. (2021). Pemodelan Regresi

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Nonparametrik Spline Truncated pada Data Longitudinal. *Inferensi*, *4*(1), 47. https://doi.org/10.12962/j27213862.v4i1.8737

Erlando, Yundari, & Helmi. (2022). Pemodelan Regresi Semiparametrik Spline Truncated Pada Data Tingkat Pengangguran. *Buletin Ilmiah Math. Stat. Dan Terapannya (Bimaster)*, *11*(3), 523–532.

Gabrela, P. P., Ratna, M., & Budiantara, I. N. (2020). Pemodelan Angka Harapan Hidup di Provinsi Papua Menggunakan Pendekatan Regresi Nonparametrik Spline Truncated. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, *8*(2). https://doi.org/10.12962/j23373520.v8i2.44281

Loklomin, S. B. (2019). Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia Di Kepulauan Maluku Dengan Pendekatan Estimasi Interval Parameter Model Regresi Semiparametrik Spline Truncated. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, *13*(2), 125–134. https://doi.org/10.30598/barekengvol13iss2pp125-134ar820

Mudawamah, S. A., Swastika, G. T., Narendra, R., & Qomarudin, M. (2022). Pemodelan Regresi Semiparametrik dengan Pendekatan Spline Truncated pada Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Jawa Timur. *STATISTIKA Journal of Theoretical Statistics and Its Applications*, *22*(2), 183–194. https://doi.org/10.29313/statistika.v22i2.1433

Mukrom, M. H., Yasin, H., & Hakim, A. R. (2021). Pemodelan Angka Harapan Hidup Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Robust Spatial Durbin Model. *Jurnal Gaussian*, *10*(1), 44–54. https://doi.org/10.14710/j.gauss.v10i1.30935

Nisa', K., & Budiantara, I. N. (2020). Modeling East Java Indonesia Life Expectancy Using Semiparametric Regression Mixed Spline Truncated and Fourier Series. *Media Statistika*, *13*(2), 149–160. https://doi.org/10.14710/medstat.13.2.149-160

Sanusi, W., Syam, R., & Adawiyah, R. (2020). Model Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Spline (Studi Kasus: Berat Badan Lahir Rendah di Rumah Sakit Ibu dan Anak Siti Fatimah Makassar). *Journal of Mathematics, Computations, and Statistics*, *2*(1), 70. https://doi.org/10.35580/jmathcos.v2i1.12460

Tanaty, R. E., Darnah, & Sifriyani. (2023). Regresi Nonparametrik Spline Truncated untuk Memodelkan Tingkat Pengangguran Terbuka di Pulau Kalimantan. *Jurnal Statistika Dan Aplikasinya*, *7*(2), 224–231. https://doi.org/10.21009/jsa.07211

Utami, T. W., & Prahutama, A. (2017). Regresi Semiparametrik Spline Truncated dengan Software R. *Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Muhammadiyah Semarang*, 17–23.

Worldometer. (2024). *Life Expectancy of the World Population*. Worldometers.Info. https://www.worldometers.info/demographics/life-expectancy/

Yani, N. W., Srinadi, I. G., & Wayan, S. I. (2017). Aplikasi Model Regresi Semiparametrik Spline Truncated (Studi Kasus: Pasien Demam Berdarah Dengue (DBD) di Rumah Sakit Puri Raharja). *E-Jurnal Matematika*, *6*(1).

Yasin, H., Warsito, B., Hakim, A. R., & Azizah, R. N. (2022). Life Expectancy Modeling Using Modified Spatial Autoregressive Model. *Media Statistika*, *15*(1), 72–82. https://doi.org/10.14710/medstat.15.1.72-82

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Analisis Prediksi Saham Emas PT Aneka Tambang (Tbk) Menggunakan Long Short-Term Memory (LSTM) dan Gated Recurrent Unit (GRU)

Nur Aziza Luxfiati[1*], Alhadi Bustamam[2]
[1,2]*Matematika, Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam dan Matematika, Universitas Indonesia, Indonesia*
**Coresponding Author: nur.aziza11@ui..ac.id*

Abstrak, emas penting dalam perbankan dan status ekonomi dan keuangan pasar saham. Emas memiliki tren harga yang fluktuatif. Fluktuasi harga emas dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk faktor ekonomi seperti pasokan dan permintaan emas. Oleh karena itu, sulit untuk memprediksi tren secara akurat dengan model statistik tradisional. Penelitian ini menggunakan harga saham emas Antam sebagai data dan membandingkan algoritma Long Short-Term Memory (LSTM) dan Gated Recurrent Unit (GRU) dalam memprediksi harga emas. Oleh karena itu diharapkan algoritma dengan hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa prediksi harga emas menggunakan algoritma GRU lebih baik dibandingkan LSTM. Model GRU dengan menggunakan batch size 2 dan epoch 200 memperoleh akurasi sebesar 98,34%, sedangkan model LSTM dengan menggunakan batch size 32 dan epoch 150 memperoleh akurasi sebesar 98,01%.
Kata kunci: Ekonomi; Emas; Gated Recurrent Unit; Long Short-Term Memory; Saham

Abstract, *gold is important in banking and the stock market's economic and financial status. Gold has a fluctuating price trend. Various factors influence gold price fluctuations, including economic factors such as the supply and demand of gold. It is, therefore, difficult to accurately predict trends with traditional statistical models. This research uses Antam's gold stock price as data and compares the Long Short-Term Memory (LSTM) and Gated Recurrent Unit (GRU) algorithms in predicting gold prices. Therefore, it is hoped that an algorithm with the results of this research states that predicting gold prices using the GRU algorithm is better than LSTM. The GRU model using batch size 2 and epoch 200 obtains an accuracy of 98,26%, while the LSTM model using batch size 32 and epoch 150 obtains an accuracy of 98,01%.*
Keywords*: Economic, Gated Recurrent Unit, Gold, Long Short-Term Memory, Stock*

Citation : Luxfiati, N. A., & Bustamam, A. (2024). Analisis Prediksi Saham Emas PT Aneka Tambang (Tbk) Menggunakan Long Short-Term Memory (LSTM) dan Gated Recurrent Unit (GRU). *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*.578 – 583.

PENDAHULUAN

Salah satu indikator perekonomian yang paling penting adalah perkembangan indeks harga konsumen di suatu negara. Perubahan harga barang dan jasa ini dikenal sebagai inflasi. Inflasi yang tinggi dapat menyebabkan kenaikan harga kebutuhan pokok dan penurunan daya beli masyarakat (Smith et al., 2020). Oleh karena itu, untuk meningkatkan perekonomian dan melindungi nilai aset dari fluktuasi pasar yang tidak terduga, diperlukan alternatif investasi yang lebih stabil. Investasi, menurut Cambridge Dictionary, merupakan tindakan memasukkan uang, tenaga, atau waktu ke dalam suatu aset dengan tujuan memperoleh keuntungan. Dengan berkembangnya industri dan pertumbuhan ekonomi, metode investasi juga mengalami perubahan dari cara tradisional ke cara modern, salah satunya melalui investasi saham (Jones & Miller, 2019).

Melalui penerbitan saham, modal dan dana masyarakat dapat mengalir ke pasar modal, sehingga meningkatkan modal perusahaan dan mendorong pertumbuhan ekonomi. Hal ini juga membuka peluang bagi investor, baik skala besar maupun kecil, untuk menambah jumlah modal yang dimiliki (Lee et al., 2021). Namun, investasi saham memiliki risiko, seperti capital loss dan likuidasi,

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

yang dapat menyebabkan tekanan psikologis bagi investor. Untuk mengurangi risiko ini, diperlukan model algoritma yang mampu memprediksi harga saham secara akurat.

Saat ini, berbagai metode telah digunakan untuk memodelkan harga saham. Sayangnya, metode prediksi tradisional sering kali tidak mampu menangkap perubahan harian dalam dataset harga saham secara akurat. Dengan pesatnya perkembangan teknologi, metode berbasis Artificial Intelligence (AI), Deep Learning, dan Machine Learning semakin banyak digunakan dalam penelitian prediksi harga saham (Goodfellow et al., 2016). Deep learning bertujuan untuk memahami pola dalam data dan memiliki kemampuan menangkap hubungan kompleks dalam deret waktu (LeCun et al., 2015). Salah satu teknik deep learning yang populer adalah Recurrent Neural Network (RNN), yang memiliki kemampuan untuk menangani data sekuensial melalui hubungan antara lapisan tersembunyi (Hochreiter & Schmidhuber, 1997).

Salah satu jenis RNN yang dikenal efektif dalam prediksi deret waktu adalah Long Short-Term Memory (LSTM). Penelitian oleh Hiransha et al. (2018) menunjukkan bahwa model LSTM dapat memberikan akurasi prediksi sebesar 68,6% untuk pasar saham Cina dan 55,2% untuk pasar saham Amerika. Selain itu, penelitian lain yang menggunakan data perdagangan dari Bursa Efek Indonesia terhadap 10 saham kelompok LQ45 menunjukkan bahwa metode LSTM menghasilkan hasil prediksi yang lebih stabil dibandingkan metode lainnya, dengan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 2,09% dan Root Mean Squared Error (RMSE) sebesar 158,47 (Putra et al., 2022).

Selain LSTM, terdapat varian lain dari RNN yang telah terbukti efektif, yaitu Gated Recurrent Unit (GRU). GRU telah banyak digunakan dalam berbagai bidang, seperti prediksi status pengisian daya baterai litium (Zhao et al., 2021), kualitas udara dalam ruangan (Benitez et al., 2020), kualitas air (Chen et al., 2019), serta prediksi deret waktu keuangan (Wang & Zhang, 2021). Dalam penelitian ini, akan dilakukan analisis dan perbandingan antara model LSTM dan GRU dalam menangkap pola ketergantungan yang mempengaruhi pergerakan harga saham PT Aneka Tambang Tbk. Dengan menggunakan grafik prediksi harga dan evaluasi tingkat akurasi, penelitian ini bertujuan untuk menentukan model yang paling optimal dalam memprediksi harga emas. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan bagi investor dalam pengambilan keputusan investasi.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen untuk membandingkan performa model Long Short-Term Memory (LSTM) dan Gated Recurrent Unit (GRU) dalam memprediksi harga saham PT Aneka Tambang Tbk (ANTAM). Model akan dievaluasi berdasarkan performanya dalam menangkap pola data time-series menggunakan metrik evaluasi tertentu. Dalam penelitian ini sumber data yang digunakan berasal dari dataset Indonesia Stocks di Kaggle, yang mencakup harga saham harian PT Aneka Tambang Tbk dari tahun 2005 hingga 2024. Data yang digunakan meliputi harga pembukaan (open), harga tertinggi (high), harga terendah (low), harga penutupan (close), volume perdagangan, serta indikator teknikal tambahan.

Teknik pengolahan data, diawalai dengan Data Praproses yakni data yang terdapat noise maupun yang tidak relevan dihilangkan, kemudian normalisasi data menggunakan Min-Max Scaling agar nilai berada dalam rentang [0,1] dan pembagian dataset menjadi data latih (80%) dan data uji (20%). Tahapan selanjutnya adalah pemodelan dimana melakukan Implementasi model LSTM dan GRU dilakukan menggunakan TensorFlow dan Keras dengan arsitektur berlapis, termasuk beberapa lapisan LSTM/GRU, dropout layer untuk mencegah overfitting, serta fully connected layer sebagai

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

output. Model menggunakan fungsi aktivasi ReLU pada hidden layer dan aktivasi linear pada output layer. Optimasi dilakukan menggunakan Adam Optimizer dengan learning rate tertentu.

Kemudian melakukan Evaluasi Model dengan menguji model dengan uji yang telah dipisahkan sebelumnya melalui matriks evaluasi, Mean Squared Error (MSE) untuk mengukur rata-rata kuadrat kesalahan antara nilai aktual dan prediksi, Root Mean Squared Error (RMSE) untuk menyediakan ukuran kesalahan dalam satuan yang sama dengan data asli, dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) untuk mengukur rata-rata persentase kesalahan prediksi**.**

Pada tahapan Eksperimen dan Analisis Data, dilakukan eksperimen dengan berbagai konfigurasi hyperparameter seperti jumlah unit LSTM/GRU, jumlah epoch, dan batch size. Kemudian membandingan performa LSTM dan GRU dilakukan dengan melihat hasil evaluasi pada metrik yang telah ditentukan. Analisis visualisasi hasil prediksi dibandingkan dengan harga saham aktual untuk memahami pola yang berhasil ditangkap oleh masing-masing model. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak Python dengan pustaka seperti Pandas, NumPy, Scikit-Learn untuk preprocessing, serta TensorFlow dan Keras untuk implementasi model deep learning. Proses pelatihan dan evaluasi model dilakukan menggunakan Google Colab dengan GPU untuk mempercepat komputasi. Dengan metodologi ini, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan model prediksi harga saham yang lebih akurat dan membantu investor dalam pengambilan keputusan berbasis data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah tahap preprocessing selesai, dilakukan pengujian menggunakan variasi ukuran batch dan epoch untuk mengevaluasi performa model dalam memprediksi harga saham PT ANTAM. Analisis dilakukan berdasarkan nilai evaluasi model menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dan akurasi yang diperoleh dari setiap pengujian dengan parameter yang berbeda. Pengujian dilakukan terhadap jumlah batch size dan epoch guna menentukan kombinasi parameter terbaik untuk model analitis yang digunakan. Model yang dikembangkan menggunakan dua pendekatan, yaitu Long Short-Term Memory (LSTM) dan Gated Recurrent Unit (GRU). Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja kedua model dalam memprediksi harga saham. Hasil pengujian parameter ditampilkan dalam Tabel 2 untuk metode LSTM dan Tabel 3 untuk metode GRU.

Tabel 2. Hasil Pengujian Parameter dengan Metode LSTM

Epoch	Batch	2	4	8	16	32	64	128
50	MAP	2,01%	1,99%	3,77%	3,87%	6,10%	2,99%	4,66%
	Akurasi	97,98%	98,00%	96,22%	96,12%	9,38%	97,00%	95,33%
100	MAP	2,92%	2,47%	2,47%	2,53%	4,49%	3,33%	7,40%
	Akurasi	97,07%	97,52%	97,52%	97,46%	9,55%	96,66%	92,59%
150	MAP	1,98%	2,63%	2,63%	4,18%	6,81%	2,63%	7,32%
	Akurasi	98,01%	97,36%	97,36%	95,81%	9,31%	97,36%	92,67%
200	MAP	5,44%	2,96%	5,40%	3,04%	1,42%	4,85%	7,17%
	Akurasi	94,55%	97,03%	94,59%	96,95%	8,57%	95,14%	92,82%

Tabel 3. Hasil Pengujian Parameter dengan Metode GRU

Epoch	Batch	2	4	8	16	32	64	128
50	MAP	1,78%	1,99%	1,80%	1,81%	1,86%	2,02%	1,84%
	Akurasi	98,21%	98,22%	98,19%	98,18%	98,13%	97,00%	98,15%
100	MAP	2,08%	2,47%	2,25%	2,17%	2,42%	1,99%	1,84%
	Akurasi	97,91%	97,94%	97,74%	97,82%	97,57%	96,66%	98,15%
150	MAP	2,18%	2,63%	2,19%	2,52%	2,45%	2,52%	2,17%
	Akurasi	97,81%	98,06%	97,80%	97,47%	97,55%	97,36%	97,82%
200	MAP	1,65%	2,96%	3,57%	2,47%	2,46%	2,49%	2,62%
	Akurasi	98,34%	97,46%	96,42%	97,52%	97,54%	95,14%	97,37%

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Berdasarkan hasil pengujian parameter, model LSTM dengan teknik regulasi dropout sebesar 0,2 dan optimizer Adam menunjukkan bahwa kombinasi parameter terbaik adalah epoch 150 dan batch size 2. Dengan parameter ini, diperoleh nilai MAPE sebesar 1,98% dan akurasi 98,01%. Sementara itu, model GRU dengan parameter terbaik yaitu epoch 200 dan batch size 2 menghasilkan nilai MAPE sebesar 1,65% dan akurasi 98,34%. Hasil ini menunjukkan bahwa model GRU memberikan prediksi yang lebih akurat dibandingkan dengan model LSTM dalam penelitian ini. Pengaruh batch size dan epoch terhadap akurasi model terlihat dari nilai MAPE dan akurasi yang berfluktuasi. Penggunaan batch size yang terlalu besar cenderung menurunkan akurasi, sedangkan epoch yang lebih tinggi tidak selalu memberikan hasil terbaik. Oleh karena itu, pemilihan parameter yang optimal sangat penting dalam meningkatkan performa model prediksi harga saham.

Berdasarkan hasil pengujian parameter pada model Long Short-Term Memory (LSTM) dan Gated Recurrent Unit (GRU) terhadap data harga saham PT Aneka Tambang Tbk (ANTAM), dapat dilakukan analisis terhadap performa masing-masing model dalam melakukan prediksi harga saham. Pengujian dilakukan dengan variasi batch size dan jumlah epoch untuk melihat pengaruhnya terhadap akurasi dan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dari model. Dari hasil pengujian yang ditampilkan pada tabel, ditemukan bahwa, pada model LSTM, parameter terbaik diperoleh dengan epoch 150 dan batch size 2, menghasilkan nilai MAPE sebesar 1,98% dan akurasi sebesar 98,01%. Sedangkan pada model GRU, parameter terbaik diperoleh dengan epoch 200 dan batch size 2, menghasilkan MAPE sebesar 1,65% dan akurasi sebesar 98,34%.

Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa peningkatan jumlah epoch hingga titik tertentu dapat meningkatkan performa model, tetapi setelah melewati ambang batas tertentu, performa dapat mengalami penurunan akibat overfitting. Selain itu, pemilihan batch size kecil (batch size 2) menunjukkan hasil terbaik dalam penelitian ini, yang mengindikasikan bahwa model lebih optimal dalam menangkap pola pergerakan saham dengan batch yang lebih kecil.

Model GRU menunjukkan kinerja lebih baik dibandingkan dengan LSTM dalam prediksi harga saham PT ANTAM. Hal ini terlihat dari nilai MAPE yang lebih kecil pada model GRU dibandingkan dengan LSTM, yang menunjukkan bahwa model GRU lebih akurat dalam memprediksi pergerakan harga saham. Selain itu, akurasi prediksi dari model GRU juga lebih tinggi dibandingkan dengan model LSTM, yang mengindikasikan bahwa model GRU lebih stabil dan dapat menangkap pola data historis dengan lebih baik. Keunggulan model GRU dibandingkan LSTM dapat dijelaskan oleh struktur internalnya yang lebih sederhana, yang memungkinkan proses pembelajaran lebih efisien dan mengurangi kemungkinan overfitting. Selain itu, GRU memiliki mekanisme yang lebih fleksibel dalam menangani data deret waktu, sehingga dapat menangkap pola pergerakan harga saham dengan lebih baik dibandingkan dengan LSTM.

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa model GRU lebih direkomendasikan dibandingkan dengan LSTM untuk prediksi harga saham PT ANTAM karena memberikan hasil yang lebih akurat dan stabil. Namun, untuk penelitian selanjutnya, beberapa langkah perbaikan dapat dilakukan, seperti; (1) menggunakan teknik tuning hyperparameter lebih lanjut untuk mendapatkan kombinasi parameter yang lebih optimal; (2) enerapkan teknik ensemble learning dengan menggabungkan model LSTM dan GRU untuk meningkatkan akurasi prediksi; dan (3) menggunakan data tambahan seperti sentimen pasar dan indikator ekonomi makro untuk meningkatkan ketepatan prediksi. Dengan pengembangan lebih lanjut, model yang digunakan dalam penelitian ini dapat diadaptasi untuk memprediksi saham lain atau bahkan instrumen keuangan lainnya, sehingga dapat memberikan manfaat yang lebih luas bagi investor dan analis pasar saham.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

KESIMPULAN

Untuk memprediksi harga saham PT. ANTAM, rancangan, implementasi, pengujian dan analisis telah diselesaikan dan algoritma LSTM dan GRU berhasil diimplementasikan dan dibandingkan. Proses prediksi tidak terlepas dari penggunaan batch epoch number dan size. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma GRU lebih baik dibandingkan dengan LSTM dalam memprediksi harga saham PT. ANTAM. Ini ditunjukkan oleh nilai MAPE yang diperoleh untuk data pengujian kecil, kurang dari 10% dengan tingginya nilai akurasi pada harga saham PT. Aneka Tambang Tbk (ANTAM.JK) sebesar 1,65% nilai MAPE dan nilai akurasi 98,34% untuk model GRU, sedangkan nilai MAPE model LSTM sebesar 1,98% dengan nilai akurasi 98,01%. Berdasarkan hasil yang didapatkan ukuran batch dan epoch mempengaruhi nilai akurasi suatu algoritma. Sehingga penting untuk menentukan batch size dan epoch yang terbaik dalam melakukan prediksi. Saran yang dapat dilakukan untuk perbaikan penelitian selanjutnya yaitu dengan menggunakan algoritma lainnya untuk penelitian sebagai pembanding agar hasil prediksi menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Benitez, D., Gonzalez, J., & Lopez, A. (2020). Indoor air quality prediction using Gated Recurrent Units (GRU). *Environmental Science and Technology, 54*(15), 10021-10030.

Bao, W., & Yang, J. (2018). A deep learning framework for financial time series using stacked autoencoders and Long Short-Term Memory. *Journal of Cheminformatics, 24*(4), 1-11.

Cambridge Dictionary. (n.d.). Investment. Diakses dari https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/investment

Carnegie, M. D. (2023). Perbandingan Long Short-Term Memory (LSTM) dan Gated Recurrent Unit (GRU) untuk memprediksi curah hujan. *Jurnal Media Informatika Budidarma, 7*(3), 1022-1032.

Chen, H., Wang, X., & Zhang, Y. (2019). Water quality prediction using deep learning methods: A case study of GRU and LSTM. *Journal of Hydrology, 573*, 100-115.

Chikwira, C., & Smith, L. (2023). The impact of the stock market on liquidity and economic growth: Evidence of volatile market. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Journal, 11*(6), 155.

Ding, M., Zhou, H., Xie, H., Wu, M., Nakanishi, Y., & Yokoyama, R. (2019). A gated recurrent unit neural networks-based wind speed error correction model for short-term wind power forecasting. *Neurocomputing, 365*, 54-61.

Elvis, P. (2024, Juli 19). Investing explained: Types of investing and how to get started. Diakses dari https://www.investopedia.com/terms/i/investing.asp.html

Fauzi, F., Aulia, S., & Syaifullah, A. (2024). Peramalan harga emas menggunakan pendekatan Long-Short Term Memory (LSTM). *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika, 12*(5), 252-253.

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.

Hiransha, M., Gopalakrishnan, E. A., Menon, V. K., & Soman, K. P. (2018). NSE stock market prediction using deep-learning models. *Procedia Computer Science, 132*, 1351-1362.

Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural Computation, 9*(8), 1735-1780.

Jiao, M., & Wang, D. (2020). A GRU-RNN-based momentum optimized algorithm for SOC estimation. *Journal of Power Sources, 459*.

Jones, M., & Miller, T. (2019). The evolution of investment strategies: From traditional to modern approaches. *Journal of Financial Studies, 45*(3), 210-225.

Kim, Y., & Wong, P. (2019). Structural recurrent neural network for traffic speed prediction. *Institute of Electrical and Electronics Engineers Journal*.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Kumari, P. (2021). Deep learning models for solar irradiance forecasting: A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production, 318*.

LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature, 521*(7553), 436-444.

Lee, S., Kim, J., & Park, H. (2021). The role of stock markets in economic growth: An empirical study. *Economic Research Journal, 58*(2), 89-105.

Loy-Benitez, J., & Heo, S. (2020). Imputing missing indoor air quality data via variational convolutional autoencoders: Implications for ventilation management of subway metro systems. *Building and Environment, 182*.

Nugraha, E. A. (2024). Forecasting the stock price of PT Astra International using the LSTM method. *Jurnal Resti (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi), 8*(3), 431-437.

Putra, A. P., Santoso, B., & Rahmat, I. (2022). LSTM-based stock price prediction for LQ45 index: A case study on the Indonesian stock market. *International Journal of Financial Analytics, 10*(4), 50-65.

Sarker, I. (2021). Deep learning: A comprehensive overview on techniques, taxonomy, applications, and research directions. *SN Comput-SCI, 2*, 420.

Smith, R., Brown, J., & Taylor, M. (2020). Inflation and consumer purchasing power: A global analysis. *Journal of Economic Perspectives, 34*(1), 32-58.

Taye, M. (2023). Understanding of machine learning with deep learning: Architectures, workflow, applications, and future directions. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Journal, 12*(5), 91.

U, J., Lu, P., Kim, C., & Ryu, U. (2020). A new LSTM-based reversal point prediction method using upward/downward reversal point feature sets. *Chaos, Solitons & Fractals, 132*.

Wang, F., & Zhang, L. (2021). Financial time-series forecasting using Gated Recurrent Unit (GRU). *Journal of Computational Finance, 18*(2), 112-128.

Wang, J. L. (2023). A novel gold futures price prediction model based on PCA-AGRU. *IEEE Parallel and Distributed Systems*, 1500-1507.

Wang, Q., & Guo, Y. (2017). Earthquake prediction based on spatio-temporal data mining: An LSTM network approach. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*.

Widya, F. M. A. (2023). Inflation and its contribution to economic stability in Indonesia in an Islamic perspective. *Proceedings of Islamic Economics, Business and Philanthropy*, 84-85.

Wijaya, A., & Fatichah, C. (2022). Stock prediction with golden cross and death cross on technical analysis indicators using Long Short-Term Memory. *Institute of Electrical and Electronics Engineers Journal*, 278-282.

Zhang, C. (2023). Battery SOH estimation method based on gradually decreasing current multiple correlation analysis and GRU. *Green Energy & Intelligent Transportation, 2*(5), 100108.

Zhao, Y., Liu, H., & Wang, X. (2021). Predicting lithium-ion battery charge state using GRU networks. *IEEE Transactions on Energy Conversion, 36*(3), 4021-4032.

Zheng, Y., & Huang, J. (2023). Health condition estimation for random lithium battery charging process based on CNN-GRU. *Energy Reports, 9*, 1-10.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Penerapan Algoritma Genetika Dalam Optimasi Komposisi Menu Makanan bagi Penderita Stroke

Yosi Agustina Ritonga[1*], Faiz Ahyaningsih[2]
[1,2]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Indonesia*
**Coresponding Author: faizahyaningsih@unimed.ac.id*

Abstrak, pencegahan dan penanganan stroke dapat dilakukan melalui diet bergizi dengan komposisi yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan menu makanan bagi penderita stroke menggunakan algoritma genetika, di mana setiap individu dalam populasi merepresentasikan kombinasi menu. Proses evolusi dilakukan melalui tiga operator utama: *whole arithmetic crossover* untuk menggabungkan solusi induk secara proporsional, *reciprocal exchange mutation* untuk meningkatkan keragaman dengan menukar elemen dalam individu, dan *elitism selection* untuk mempertahankan solusi terbaik. Hasil pengujian menunjukkan parameter terbaik dengan populasi 175 individu, 150 generasi, crossover rate 0,8, dan mutation rate 0,2. Solusi yang dihasilkan berupa rekomendasi menu optimal dengan tiga kali makan per hari (pagi, siang, malam), mencakup bahan pokok, protein nabati dan hewani, sayuran, serta buah, sesuai kebutuhan gizi penderita stroke. Rekomendasi ini memiliki selisih gizi tidak lebih dari 10% dari kebutuhan, dengan proporsi karbohidrat 60%, protein 80%, dan lemak 20% dari total energi. Hasil penelitian ini mendukung manajemen diet penderita stroke dengan pendekatan terpersonalisasi, membantu keseimbangan asupan gizi, dan mengurangi risiko komplikasi akibat asupan gizi tidak seimbang.
Kata kunci: *Algoritma Genetika; Makanan; Stroke*

Abstract, *stroke prevention and management can be achieved through a well-balanced diet with the right composition. This study aims to optimize meal plans for stroke patients using a genetic algorithm, where each individual in the population represents a meal combination. The evolutionary process is conducted using three main operators: whole arithmetic crossover to proportionally combine parent solutions, reciprocal exchange mutation to enhance diversity by swapping elements within an individual, and elitism selection to retain the best solutions. Experimental results indicate the optimal algorithm parameters: a population of 175 individuals, 150 generations, a crossover rate of 0.8, and a mutation rate of 0.2. The generated solution provides an optimal meal plan with three daily meals (breakfast, lunch, and dinner), including staple foods, plant-based and animal-based proteins, vegetables, and fruits, tailored to the nutritional needs of stroke patients. The recommended meal plans have a nutritional deviation of no more than 10% from the required intake, with a macronutrient composition of 60% carbohydrates, 80% protein, and 20% fat of total energy needs. This study contributes to stroke patient diet management by offering a personalized approach, promoting balanced nutrient intake, and reducing the risk of complications due to improper nutrition.*
Keywords*: Genetic Algorithm, Food, Strokes*

Citation : Ritonga, Y. A. &Ahyaningsih, F. (2024). Penerapan Algoritma Genetika Dalam Optimasi Komposisi Menu Makanan bagi Penderita Stroke. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 584 – 592

PENDAHULUAN

Makanan merupakan sumber utama energi bagi manusia serta berperan dalam pertumbuhan dan kesehatan dengan mencukupi kebutuhan akan gizi. Nilai kandungan gizi berbeda dalam tiap makanan. Oleh karena itu komposisi makanan harus diperhatikan dengan baik, karena kuantitas dan kualitas makanan yang dikonsumsi mempengaruhi taraf kesehatan seseorang.

Komposisi makanan dengan gizi seimbang dapat menjaga kesehatan tubuh dan mencegah penyakit terkait gizi. Gizi seimbang adalah susunan asupan sehari–hari yang jenis dan jumlah zat

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

gizinya sesuai dengan kebutuhan tubuh (Yuningsih, 2022). Keadaan gizi yang optimal dapat meningkatkan kesehatan keadaan sebaliknya akan menyebabkan kesehatan menurun. Tidak optimalnya keadaan gizi menjadi faktor risiko penyakit tidak menular (PTM) salah satunya yaitu stroke (Kemenkes, 2014).

Stroke merupakan sindrom yang terjadi akibat gangguan fungsi otak fokal atau global. Gangguan fungsi saraf pada stroke disebabkan oleh gangguan aliran darah di otak yang dapat menyebabkan kematian. Berdasarkan data hasil riset kesehatan dasar tahun 2018, terjadi peningkatan prevalensi stroke sebesar 3,9% dari tahun 2013 (Kemenkes, 2019). Pasien yang pernah mengalami stroke memiliki risiko tinggi mengalami stroke berulang atau stroke sekunder (Tunik *et al*., 2022). Stroke berulang sering terjadi setelah pasien keluar dari rumah sakit, terutama akibat kurangnya kontrol diri. Banyak pasien merasa sudah sembuh setelah serangan pertama, sehingga mengabaikan pencegahan seperti menerapkan diet yang sesuai dan rutin menjalani pemeriksaan kesehatan.

Upaya pencegahan dapat dilakukan melalui pengaturan pola makan atau diet. Namun, banyak yang sering meremehkan pentingnya pola makan. Oleh karena itu, meningkatkan status gizi dan melakukan perubahan gaya hidup merupakan metode utama dalam mencegah dan mengobati stroke (Maalouf *et al*., 2023). Diet bagi penderita stroke bertujuan untuk memilih makanan berdasarkan jumlah kalori dan jenis makanan yang tepat, sehingga kebutuhan gizi terpenuhi, kondisi stroke membaik, dan keseimbangan cairan tubuh tetap terjaga (Almatsier, 2008). Penyusunan menu diet dapat dilakukan dengan menggunakan metode bahan makanan penukar, yaitu mengganti bahan makanan dengan kandungan gizi yang setara (Almatsier, 2008). Namun, perhitungan gizi dengan metode ini dapat menyimpang dari nilai yang dianjurkan. Oleh karena itu, diperlukan metode yang lebih akurat untuk menentukan menu diet yang memenuhi kebutuhan kalori dan gizi serta meminimalkan penyimpangan. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah algoritma genetika.

Algoritma genetika meniru proses genetika dan seleksi alami untuk menghasilkan kromosom terbaik selama berbagai generasi, memecahkan masalah. Setelah melalui proses penguraian atau *decoding*, kromosom tersebut diharapkan dapat memberikan solusi yang hampir ideal. Struktur umum pada algoritma genetika adalah pembentukan suatu populasi kromosom yang nantinya membentuk suatu populasi baru dan menggunakan evaluasi fungsi *fitness* sebagai ukuran kualitas dari setiap kromosom yang terbentuk. Fungsi penyilangan atau *crossover* akan menggabungan dua kromosom untuk membentuk anak atau *offspring*. Fungsi mutasi (*mutation*) akan memodifikasi kromosom. Tahapan akhir adalah proses seleksi sehingga diperoleh solusi atau individu terbaik (Zukhri, 2014).

Penelitian mengenai penerapan algoritma untuk optimasi komposisi makanan telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Penelitian untuk menentukan komposisi unsur makanan yang ideal untuk konsumsi harian, dengan populasi sebesar 20 telah menghasilkan suatu rekomendasi bahan makanan yang optimal (Maulana *et al*., 2021). Penerapan algoritma genetika dalam pengoptimalan konsumsi makanan menurut Pedoman Makanan Sehat, didapati tiga model yaitu: makanan, konsumsi, dan komposisi dengan berbagai parameter optimasi (Adriyendi & Melia, 2021). Penelitian yang fokus pada pengaturan asam folat untuk pencegahan stunting, dengan hasil berupa rekomendasi menu makanan tiga kali sehari dan tingkat kesalahan persentase gizi yang rendah (Hermawan *et al*., 2021). Penerapan algoritma genetika dalam penyusunan menu untuk penderita diabetes, dan memperoleh kombinasi optimal dengan nilai *fitness* terbaik dari ukuran populasi sebesar 250 (Maryamah *et al*., 2017). Pengembangan sistem rekomendasi makanan bagi penderita penyakit jantung menggunakan algoritma genetika, dengan luaran berupa rekomendasi menu makanan untuk lima kali waktu makan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

per hari (Siahaan *et al*., 2017). Berdasarkan uraian diatas, penelitian akan dilakukan untuk menyelesaikan masalah pengoptimalan kandungan gizi dalam menu diet untuk penderita stroke menggunakan metode algoritma genetika. Penelitian ini bertujuan untuk meminimalkan penyimpangan energi, karbohidrat, lemak dan protein sesuai dengan kebutuhan penderita stroke.

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan merupakan data sekunder dari catatan medis pasien stroke di UPTDK RSU Haji Medan. Sampel yang digunakan adalah pasien stroke yang menjalani perawatan dengan catatan medis yang lengkap meliputi usia, jenis kelamin, berat badan, tinggi badan, dan jenis aktivitas. Alur penelitian ini menggunakan algoritma genetika dengan tahapan berikutnya diawali dengan pepresentasi kromosom yang digunakan adalah bilangan integer. Kemudian dilanjutkan tahadapan inisialisasi parameter awal yang terdiri dari kebutuhan kalori harian penderita dan parameter awal algoritma genetika. Parameter awal algoritma genetika ditentukan dengan pengujian terhadap kombinasi parameter yang paling optimal. Sementara paramater awal kebutuhan kalori harian penderita diperoleh dengan perhitungan seperti berat badan ideal (BBI) dimana laki-laki: $BBI = 0{,}9 \times (TB - 100)$ dan perempuan: $BBI = 0{,}85 \times (TB - 100)$, TB adalah tinggi badan. indeks massa tubuh (IMT) $IMT = \frac{BB}{TB^2}$, dimana BB = berat badan (kg), TB = tinggi badan (m) dan ambang batas IMT dapat dilihat pada tabel 1 (kemenkes, 2019).

Tabel 1. Batas Ambang Indeks Massa Tubuh (IMT)

Kategori		IMT
Kurus	Kekurangan berat badan tingkat berat	$< 17{,}0$
	Kekurangan berat badan tingkat ringan	17,0 – 18,4
Normal		18,5 – 25,0
Gemuk	Kelebihan berat badan tingkat ringan	25,1 – 27,0
	Kelebihan berat badan tingkat berat	$> 27{,}0$

Selanjutnya untuk Angka Metabolisme Basal (AMB), laki-laki = $30\ kkal \times kg\ BBI$ dan perempuan = $25\ kkal \times kg\ BBI$. Selanjutnya faktor umur, dimana 40 - 59 tahun = $-5\% \times AMB$, 60 – 69 tahun = $-10\% \times AMB$, dan ≥ 70 tahun = $-20\% \times AMB$. Pada faktor berat badan, kurus = $+20\% \times AMB$, gemuk = $-20\% \times AMB$, dan obesitas = $-30\% \times AMB$. Selanjutnya untuk faktor aktivitas, terdiri dari ringan = $20\% \times AMB$, sedang = $30\% \times AMB$, berat = $40\% \times AMB$, sangat berat = $50\% \times AMB$.

Tabel 2. Kategori Aktivitas

Aktivitas	Jenis Kegiatan
Ringan	Berjalan di jalan yang rata 4-4,8 km/jam, pekerjaan elektronik, memahat, pekerjaan di restoran, bengkel, membersihkan rumah, mengasuh anak, golf, bermain tenis meja
Sedang	Berjalan 5,6-6,4 km/jam, menyiangi rumput, mencangkul, membawa beban sedang (±10kg), bersepeda, bermain ski, bermain tenis
Berat	Berjalan menanjak dengan membawa beban berat, menebang pohon, bermain basket, memotong, bermain sepak bola, berenang
Sangat Berat	Berlari maraton, berlari, mendayung dengan cepat, bekerja sangat keras yang luar biasa

Kemudian total kebutuhan energi menggunakan persamaan $\sum E = AMB \pm U \pm BB \pm A$, untuk kebutuhan karbohidrat menggunakan persamaan $K = \frac{60\% \times \sum E}{4}$, untuk kebutuhan protein menggunakan persamaan $P = \frac{80\% \times \sum E}{4}$, dan untuk kebutuhan lemak menggunakan persamaan $L = \frac{20\% \times \sum E}{4}$.

Selanjutnya adalah tahapan inisialisasi populasi awal, dan setelahnya tahapan evaluasi *fitness*yang didapat dari nilai pinalti pada kandungan karbohidrat, protein dan lemak. Sehingga fungsi

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

tujuan: $minimum\ Z = p_K + p_P + p_L$, dengan fungsi kendala (persamaan 1) dengan p_K, p_P, p_L= pinalti (Karbohidrat, Protein, Lemak), N_K, N_P, N_L= kebutuhan (Karbohidrat, Protein, Lemak) dan C_K, C_P, C_L= Kandungan (Karbohidrat, Protein, Lemak).

$$p_K = \begin{cases} N_K - C_K, C_K < N_K \\ C_K - N_K, C_K > N_K \end{cases}, p_P = \begin{cases} N_P - C_P, C_P < N_P \\ C_P - N_P, C_P > N_P \end{cases}, \text{dan } p_L = \begin{cases} N_L - C_L, C_L < N_L \\ C_L - N_L, C_L > N_L \end{cases} \quad (1)$$

Nilai penalti diberikan apabila ada zat gizi yang tidak memenuhi jumlah yang dibutuhkan. Penalti dihitung dari selisih kebutuhan gizi seimbang pasien dengan kandungan gizi pada satu kromosom (Purnomo *et al*., 2019). Nilai kandungan yang kurang atau melebihi kebutuhan termasuk pinalti, sehingga pinalti karbohidrat, protein dan lemak diperoleh dari dua kemungkinan yaitu jika kandungan gizi kurang dari kebutuhan gizi harian dan jika kandungan gizi lebih dari kebutuhan gizi harian. Oleh karena itu, fungsi tujuan dirancang untuk meminimalkan penalti, sehingga kandungan gizi dalam menu yang dihasilkan mendekati kebutuhan optimal.

Perhitungan nilai *fitness* digunakan persamaan fitness $= \frac{1}{1+\sum \text{Pinalti}}$ dan fitness individu dievaluasi berdasarkan seberapa kecil pinalti yang diperoleh dalam fungsi tujuan. Semakin kecil nilai pinalti, semakin baik solusi yang dihasilkan. Kemudian dilanjutkan Prosedur *crossover atau* penyilangan adalah proses pertukaran kromosom antara dua induk terpilih, menghasilkan kromosom baru yang mewarisi sifat induknya, mirip reproduksi alami. *Crossover* dilakukan dengan menggunakan metode *Whole Arithmetic Crossover* $n(A) = c_r \times popsize$. Selanjutnya prosedur mutasi genetika yang bertujuan meningkatkan kualitas individu di atas rata-rata dan memperbaiki kerusakan akibat crossover. Mutasi dilakukan dengan menggunakan metode *Reciprocal Exchange Mutation* $n(A) = m_r \times popsize$ dan diakhiri dengan prosedur seleksi dengan menggunakan metode *elitism*, yaitu memilih individu dengan nilai *fitness* tertinggi. Untuk memastikan keakuratan solusi yang dihasilkan, penelitian ini melakukan uji coba dengan data nyata dari pasien stroke di RSU Haji Medan. Hasil yang diperoleh dibandingkan dengan kebutuhan gizi penderita yang dihitung pada parameter awal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Representasi Kromosom

Kromosom merepresentasikan komposisi menu makanan penderita stroke berdasarkan perhitungan kalori harian yang dibutuhkan oleh penderita stroke. Representasi kromosom yang digunakan pada penelitian ini adalah representasi permutasi dengan bilangan integer yang berisi nomor makanan yang kan dikonsumsi. Terdapat 14 gen penyusun setiap individu, dimana 4 gen untuk mewakili makan pagi, 5 gen untuk mewakili makan siang, dan 5 gen untuk mewakili makan malam. Masing – masing 5 gen terdiri dari sumber makanan pokok, sumber nabati, sumber hewani, sumber sayuran, dan pelengkap. Untuk data makanan pokok antara 1-32, sumber nabati antara 1-20, sumber hewani antara 1-32, sayuran antara 1-24, dan pelengkap antara 1-28. Masing-masing kategori memiliki rentang kode dari 1 hingga jumlah maksimum yang tersedia. Dalam setiap gen mengandung komponen penyusun karbohidrat, protein, dan lemak. Contoh representasi komponen pada setiap bahan makanan untuk makan pagi, siang dan malam dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Representasi Komponen Pada Setiap Bahan Makanan

M			N			H			S			B		
K1	P1	L1	K2	P2	L2	K3	P3	L3	K4	P4	L4	K5	P5	L5

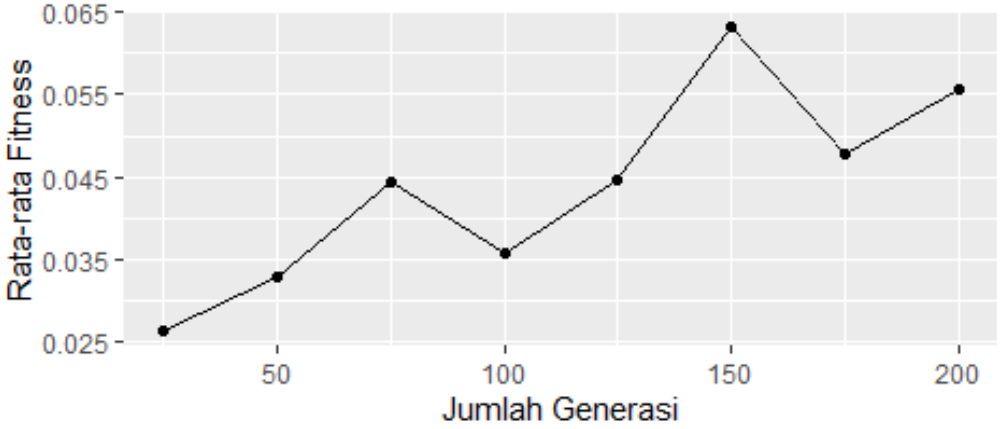
Dimana M = makanan pokok; K= berat komponen karbohidrat; N = Sumber Nabati; P= berat komponen protein; H = Sumber Hewani; L= Berat komponen lemak; S= Sayur; dan B= Pelengkap.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Inisialisasi Parameter Awal

Parameter awal adalah pasien berjenis kelamin perempuan berumur 58 tahun bernama Suliyati yang memiliki berat badan 80 kg, tinggi badan 165 cm, dan beraktivitas ibu rumah tangga. Kemudian dilakukan perhitungan kebutuhan kalori, karbohidrat, protein dan lemak harian pasien, sehingga diperoleh BBI = 55,25 Kg, IMT = 29,4 Kg (obesitas), AMB = 381, 25 kkal, faktor umur U = 69,1 kkal, faktor berat bada BB = -414,375 kkal, dan faktor aktivitas A = 276,25 kkal. Dengan demikian total energi adalah 1174,025 kkal, sehingga kebutuhan akan karbohirat (K), protein (P), dan lemak (L) secara berturut-turut adalah 176,1 gr, 234,8 gr, dan 26,1 gr.

Sebelum menentukan parameter awal yang akan digunakan, dilakukan pengujian untuk mendapatkan kombinasi parameter yaitu ukuran generasi, ukuran populasi, *crossover rate* (c_r) dan *mutationrate* (m_r) yang paling optimal. Setiap parameter akan di uji sebanyak 10 kali. Pada pengujian ukuran generasi, ukuran generasi yang akan diuji adalah kelipatan 25 dari 25 hingga 200. Jumlah populasi yang diterapkan adalah 20 individu, c_r = 0,8 dan m_r = 0,2.

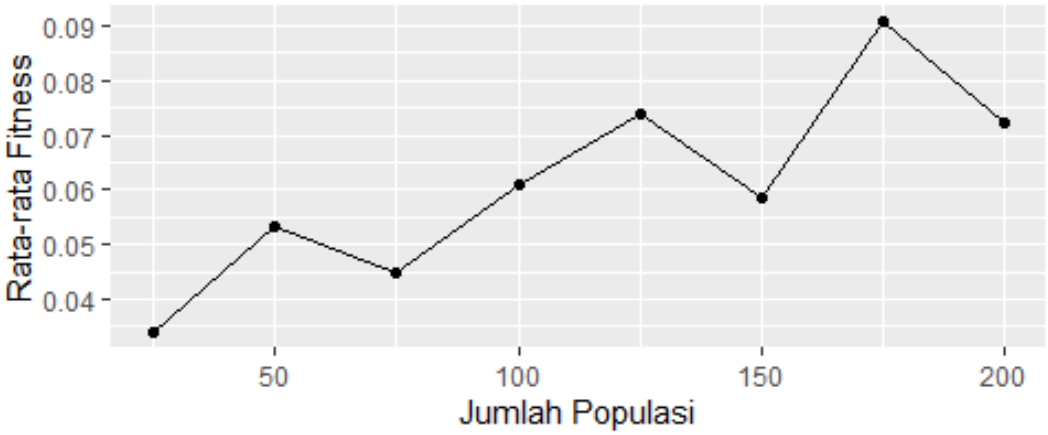


Gambar 1. Uji Variasi Jumlah Generasi

Gambar 1, hasil pengujian antara ukuran generasi dan rata-rata nilai fitness menunjukkan peningkatan sejalan dengan meningkatnya ukuran generasi. Nilai tertinggi 0,0557 berasal dari ukuran generasi 150. Pola perubahan nilai fitness ini juga diperoleh oleh (Siahaan *et al*., 2017) yang menggunakan algoritma genetika untuk optimasi bahan makanan bagi pasien penyakit jantung. Hasil uji ini mengindikasikan bahwa jika ukuran generasi terlalu kecil, maka area pencarian algoritma menjadi lebih terbatas, sehingga solusinya tidak optimal.

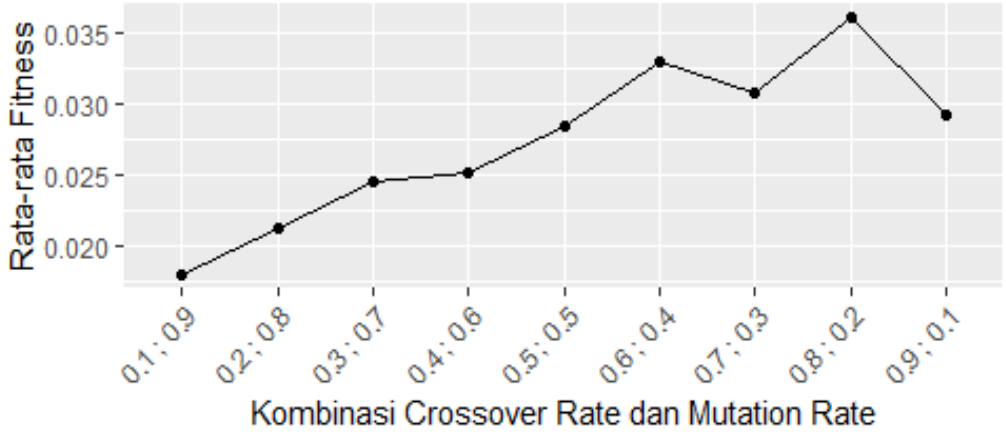
Kemudian pada pengujian ukuran populasi, ukuran populasi yang akan diuji yaitu kelipatan 50 mulai dari 50 sampai 200. Ukuran generasi yang digunakan 50, c_r = 0,8 dan m_r=0,2 sehingga diperoleh gambar 2. Gambar 2 menunjukkan grafik yang mengalami kenaikan meskipun terdapat beberapa kali penurunan nilai. Semakin besar ukuran populasi atau popsize maka rata-rata *fitness* yang dihasilkan cenderung meningkat. Dari grafik tersebut nilai rata-rata *fitness* terbaik atau tertinggi yaitu 0,0725 dihasilkan dari populasi berukuran 175. Pada populasi berukuran 150 mengalami penurunan nilai rata-rata *fitness* pola perubahan nilai *fitness* ini juga didapatkan oleh (Siahaan & dkk, 2017) yang menerapkan algoritma genetika pada penderita penyakit jantung. Semakin besar ukuran populasi juga menyebabkan perubahan nilai rata-rata *fitness* tidak terlalu signifikan dan terjadi konvergensi. Konvergensi ini disebabkan oleh proses eksplorasi yang tidak berjalan dengan baik sehingga anak yang dihasilkan pada saat proses reproduksi mirip dengan induknya. Begitu sebaliknya, saat ukuran populasi terlalu kecil area eksplorasi algoritma menjadi sempit sehingga solusi yang dihasilkan kurang baik (Mahmudy, 2014).

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan



Gambar 2. Uji Variasi Ukuran Populasi

Pada pengujian kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate*, dengan Nilai-nilai c_r dan m_r yang akan diuji yaitu {(0,9; 0,1), (0,8; 0,2), (0,7; 0,3), (0,6; 0,4), (0,5; 0,5), (0,4; 0,6), (0,3; 0,7), (0,2;0,8), (0,1; 0,9)}. Ukuran generasi yang digunakan adalah 50 dan PopSize = 20 sehingga menampilkan gambar 3 yang menunjukkan grafik kenaikan meskipun terdapat beberapa kali penurunan nilai. Pada uji coba ini didapatkan kombinasi c_r = 0,8 dan m_r = 0,2 menghasilkan rata-rata *fitness* terbaik yaitu 0,0362, sedangkan pada kombinasi c_r = 0,1 dan m_r = 0,9 menghasilkan rata-rata *fitness* terkecil yaitu 0,0179. Nilai c_r yang terlalu rendah dan m_r terlalu besar mengakibatkan menurunnya kemampuan algoritma genetika untuk belajar dari generasi sebelumnya dan tidak mampu mengeksplorasi daerah optimum lokal (Mahmudy, 2014).



Gambar 3. Pengujian Kombinasi c_r dan m_r

Dari hasil pengujian maka parameter awal algoritma genetika yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: PopSize = 175, ukuran generasi = 150, *Crossover rate* (c_r) = 0,8, *Mutation rate* (m_r) = 0,2

Inisialisasi Populasi Awal

Inisialisasi populasi awal dilakukan dengan mengacak menu makanan dalam individu namun sesuai dengan batas masing-masing menu. Sesuai dengan nilai parameter popSize maka akan dibangkitkan 175 individu. Populasi awal yang telah dibangkitkan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Populasi Awal

Kromosom / Individu	Menu Pagi				Menu Siang					Menu Malam				
	M	N	H	S	M	N	H	S	B	M	N	H	S	B
I-1	3	15	19	14	10	10	18	22	11	12	20	14	22	25

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

I-2	1	5	19	9	30	3	8	7	10	16	19	4	14	17
I-3	19	7	21	12	6	10	13	7	9	16	10	23	21	7
I-4	4	6	25	2	30	5	8	12	13	18	1	25	6	21
I-5	6	9	15	16	26	6	11	8	22	7	7	31	16	17

Untuk mendapatkan nilai *fitness*, terlebih dahulu dihitung total pinalti masing-masing individu. Total pinalti diperoleh dengan menjumlahkan nilai pinalti karbohidrat, protein dan lemak. Nilai *fitness* dari setiap individu dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai *Fitness* Tiap Individu pada Populasi Awal

Individu	Total			Penalti			Total Penalti	Fitness
	K	P	L	K	P	L		
I1	265,2	97,4	93,9	89,1	137,4	67,8	294,3	0,00339
I2	223,7	149,7	98,7	47,6	85,1	72,6	205,3	0,00485
I3	206,9	140	142,3	30,8	94,8	116,2	241,8	0,00412
I4	230,6	97,7	48,2	54,5	137,1	22,1	213,7	0,00466
I5	200,6	160,4	151,3	24,5	74,4	125,2	224,1	0,00444

Perhitungan nilai *fitness* bertujuan untuk mengevaluasi seberapa baik setiap individu dalam populasi memenuhi tujuan optimasi. Nilai fitness menentukan peluang suatu individu untuk dipilih dalam proses seleksi, crossover, dan mutasi, sehingga individu dengan nilai fitness lebih baik memiliki kemungkinan lebih besar untuk bertahan dan menghasilkan keturunan dalam generasi berikutnya. Semakin kecil penyimpangan dari kebutuhan gizi ideal, semakin tinggi nilai fitness individu tersebut.

Setelah seluruh inisialisasi dan evaluasi nilai *fitness*, selanjutnya dilakukan pembangkitan populasi dengan *crossover*. Induk atau *parents* untuk proses *crossover* dipilih dari populasi awal. *Crossover rate* yang digunakan adalah 0,8. Banyak *offspring* yang akan dihasilkan ditentukan dengan menggunakan persamaan 26. Dengan nilai cr tersebut maka akan dihasilkan *offspring* sebanyak: $n(A) = 0{,}8 \times 175 = 140$. Jadi akan ada 140 *offspring* yang akan dihasilkan pada proses ini. Populasi baru dari proses *crossover* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. *Offspring* hasil *Crossover*

Individu	Kromosom													
Offspring 1	5	20	31	19	12	2	1	20	4	29	11	5	22	4
Offspring 2	7	7	16	20	15	3	29	4	20	4	1	10	20	11
Offspring 3	11	9	30	2	12	9	19	3	2	3	12	15	9	3
Offspring 4	23	16	26	3	28	13	4	15	23	28	19	29	13	12
Offspring 5	5	20	14	19	12	18	1	20	4	29	11	5	22	23

Dalam proses mutasi sama seperti proses *crossover*, akan dihasilkan *offspring*. *Parent* diambil secara acak dari populasi awal. *Mutation rate* yang digunakan adalah 0,2. Banyak *offspring* yang akan dihasilkan ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.27. Dengan nilai mr tersebut maka akan dihasilkan *offspring* sebanyak: $n(A) = 0{,}2 \times 175 = 35$. Jadi akan ada 35 *offspring* yang akan dihasilkan pada proses ini. Populasi baru dari proses mutasi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. *Offspring* hasil Mutasi

Individu	Kromosom													
Offspring 1	9	18	4	10	6	8	1	24	11	12	15	11	15	25
Offspring 2	27	10	29	6	17	10	6	16	16	10	4	21	3	23
Offspring 3	20	15	19	21	13	16	32	15	3	29	19	14	1	24
Offspring 4	3	17	31	5	14	12	13	10	5	28	15	14	7	2
Offspring 5	26	19	2	17	16	19	18	9	32	29	14	15	6	8

Pada proses seleksi *elitism* akan ditentukan individu terbaik dengan mengurutkan nilai *fitness* dari seluruh gabungan populasi yaitu populasi awal, *offspring crossover* dan *offspring* mutasi. Individu dengan nilai *fitness* tertinggi akan terpilih menjadi individu terbaik dan menjadi solusi. Akan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

diambil 5 individu terbaik yang mewakili jumlah hari yang diinginkan. Individu terbaik atau solusi yang didapatkan dari proses algoritma genetika dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Elitism

Individu Elit	Kromosom													
E1	31	4	20	23	17	5	2	19	12	2	18	11	19	6
E2	1	15	21	5	15	19	10	18	10	20	2	10	22	12
E3	7	11	22	1	7	19	18	16	3	5	2	2	8	12
E4	7	11	22	1	7	19	18	16	3	5	2	2	8	26
E5	18	13	12	19	20	20	4	23	27	23	17	12	2	5

Kode bahan makanan pada individu terbaik kemudian dikembalikan ke nama bahan makanan yang sesuai. E1 merepresentasikan menu hari ke-1 dimana untuk pagi hari menu terdiri dari ubi jalar kukus, kacang kedelai rebus, ikan mujahir goreng, dan terung panjang kukus. Untuk siang hari menu terdiri dari ketupat ketan, kacang merah kering rebus, ayam goreng kalasan (paha), sayur umbut kelapa, dan daging kelapa muda segar. Untuk malam hari menu terdiri dari ubi kukus, tempe gembus, dendeng belut goreng, sayur umbut kelapa dan buah naga merah segar. Total kandungan gisi pada menu hari ke-1 adalah 233,6 gr protein, 29 gr lemak, dan 173 gr karbohidrat.

Pengujian pada 136 data makanan membantu menyusun menu untuk pasien stroke dalam 5 hari. Kebutuhan gizi harian dihitung sebesar 176,1 gr karbohidrat, 234,8 gr protein, dan 26,1 gr lemak. Setelah menerapkan algoritma genetika, kroomosom terbaik diperoleh dengan penalti rata-rata 5 hari yaitu: karbohidrat 0,9%, protein 1,9%, dan lemak 7,2%. Persentase penalti menunjukkan berapa persen penyimpangan kandungan gizi pada menu yang dihasilkan dari kebutuhan harian yang seharusnya. Semakin kecil persentase penalti, semakin baik menu yang dihasilkan karena lebih sesuai dengan kebutuhan. Dari hasil perhitungan persentase penalti karbohidrat sebesar 0,9%, persentase protein sebesar 1,9% dan persentase lemak sebesar 7,2%. Karena nilai penalti setiap kandungan berada di bawah 10%, dapat disimpulkan bahwa algoritma genetika memiliki efektivitas sekitar 90% dalam menyusun komposisi makanan yang optimal.

KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan yang telah diuraikan, berikut kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini, komposisi menu makanan yang optimal bagi penderita stroke terdiri dari bahan makanan pokok, sumber protein nabati, sumber protein hewani, sayuran dan buah sebagai pelengkap, yang disusun untuk tiga waktu makan sehari. Proses dalam algoritma genetika menghasilkan menu yang memadukan proporsi ideal bagi penderita stroke yaitu karbohidrat 60% dari total kebutuhan, protein 80% dari total kebutuhan, dan lemak 20% dari total kebutuhan. Algoritma genetika digunakan untuk meminimalkan penyimpangan terhadap kebutuhan gizi penderita stroke, dengan memastikan setiap menu yang dihasilkan memenuhi kriteria gizi yang diperlukan. Kemudian dalam penyusunan komposisi menu makanan dengan algoritma genetika representasi kromosom yang digunakan adalah bilangan integer, operator yang digunakan yaitu *whole arithmetic crossover, reciprocal exchange mutation,* dan *elitism selection*. Nilai parameter algoritma yang paling optimal yaitu: jumlah populasi sebesar 175, nilai *crossover rate* sebesar 0,8, nilai *mutation rate* sebesar 0,2, dan jumlah generasi sebesar 150. Komposisi menu yang dihasilkan dengan metode ini mampu memenuhi kebutuhan gizi pasien dengan nilai selisih gizi tidak lebih dari 10% untuk setiap kandungan karbohidrat, protein, dan lemak.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

DAFTAR PUSTAKA

Adm. (2022, August 2). *Seluruh RSUD di Sumut Bakal Naik Level, RS Haji Medan Jadi Rujukan Jantung, Stroke dan Kanker*. Sumutprov.Go.Id. https://sumutprov.go.id/artikel/artikel/seluruh-rsud-di-sumut-bakal-naik-level--rs-haji-medan-jadi-rujukan-jantung-stroke-dan-kanker

Adriyendi, & Melia, Y. (2021). Optimization using Genetic Algorithm in Food Composition. *International Journal of Computing and Digital Systems*, *10*(1), 1019–1029. https://doi.org/10.12785/IJCDS/100191

Almatsier, S. (2008). *Penuntun Diet*. Gramedia Pustaka Utama.

Hermawan, Reno, C. U., Maryana, S., & Prihatini, M. (2021). Menu Design For Pregnant Women Diet For Stunting Prevention Using Genetic Algorithm. *International Journal of Electrical Engineering and Information Technology*, *04*, 1–11.

Kemenkes. (2014). *Pedoman Gizi Seimbang*. Kementrian Kesehatan RI.

Kemenkes. (2019). *Laporan Riskesdas 2018 Nasional*.

Maalouf, E., Hallit, S., Salameh, P., & Hosseini, H. (2023). Eating Behaviors, Lifestyle, and Ischemic Stroke: A Lebanese Case-Control Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *20*(2), 1–18.

Mahmudy, W. F. (2014). *Algoritma Evolusi*. Universitas Brawijaya.

Maryamah, Regasari Mardi Putri, R., & Agung Wicaksono, S. (2017). *Optimasi Komposisi Makanan Pada Penderita Diabetes Melitus dan Komplikasinya Menggunakan Algoritma Genetika*. *1*(4), 270–281.

Maulana, H., Syekh, I., Cirebon, N., Matematika, T., & Rosnia, V. (2021). ITEJ Information Technology Engineering Journals Implementation of Genetic Algorithm Theory in Determining the Composition of Food Ingredients Sefty Rizqi Annisa. *ITEJ*, *6*, 123–130.

Pos, S. (2022, March 22). *4 RS di Medan jadi rujukan penanganan stroke, Bobby ajak RS lain berkolaborasi*. Sumut Pos. https://sumutpos.jawapos.com/metropolis/2374343087/4-rs-di-medan-jadi-rujukan-penanganan-stroke-bobby-ajak-rs-lain-berkolaborasi

Purnomo, A. M., Werdiastu, D., Raissa, T., Widodo, R., & Wijayaningrum, V. N. (2019). Algoritma Genetika untuk Optimasi Komposisi Makanan Bagi Penderita Hipertensi. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, *7*(1), 1–6.

Siahaan, E. J. I., Cholissodin, I., & Fauzi, M. A. (2017). *Sistem Rekomendasi Bahan Makanan Bagi Penderita Penyakit Jantung Menggunakan Algoritma Genetika* (Vol. 1, Issue 11).

Tunik, Niningasih, R., & Yulidaningsih, E. (2022). Faktor - Faktor Penyebab Dan Pencegahan Terjadinya Stroke Berulang. *Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan*, *1*(2), 101–108.

Yuningsih, D. E. (2022, June 6). *Pilar Utama dalam Prinsip Gizi Seimbang*. Yankes.Kemkes.Go.Id. https://yankes.kemkes.go.id/view_artikel/179/pilar-utama-dalam-prinsip-gizi-seimbang

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Ekonomi di Sumatera Utara Menggunakan Regresi Data Panel

Hanastasya Margareth Naibaho[1*], Nerli Khairani[2]
[1,2]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:hanastasyanaibaho@gmail.com*

Abstrak, perekonomian suatu daerah dikatakan berkembang jika aktivitas perekonomian saat ini tumbuh lebih tinggi dibandingkan sebelumnya. Laju pertumbuhan ekonomi di Provinsi Sumatera Utara cenderung meningkat setiap tahun, tetapi terdapat ketidakseimbangan antara pertumbuhan penduduk dan lapangan pekerjaan sehingga terjadinya peningkatan jumlah pengangguran dan kemiskinan. Hal ini dapat mempengaruhi kesejahteraan masyarakat. Bertujuan untuk mengetahui bagaimana peranan regresi data panel dalam menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi petumbuhan ekonomi di Sumatera Utara dan mengetahui faktor yang paling signifikan dalam mempengaruhi tingkat pertumbuhan ekonomi di Provinsi Sumatera Utara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Fixed Effects Model (FEM) dengan efek individu merupakan model yang sesuai untuk digunakan dalam penelitian ini dimana pertumbuhan ekonomi dipengaruhi oleh perubahan setiap individu (cross section), maka diperoleh persamaan model $\hat{Y}_{it} = \beta_{0it} - 434{,}33X_3 + 0{,}010963X_4 + 0{,}74340X_5 + 818{,}79X_6$. Faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi (Y) yaitu tingkat kemiskinan (X_3), pendapatan per daerah (X_4), dan pengeluaran per kapita (X_5). Dimana tingkat kemiskinan (X_3) mempunyai pengaruh negatif yang signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi sedangkan pendapatan per daerah (X_4) dan pengeluaran per kapita (X_5) masing-masing mempunyai pengaruh positif yang signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi.
Kata kunci: Regresi Data Panel; Pertumbuhan Ekonomi

Abstract, *the economy of a region is said to be developing if current economic activity is growing higher than before. The rate of economic growth in North Sumatera Province tends to increase every year, but there is an imbalance between population growth and employment opportunities, resulting in an increase in the number of unemployed and poor. This can affect the welfare of society. Aims to find out the role of panel data regression in analyzing the factors that influence economic growth in North Sumatera and find out the most significant factors influencing the level of economic growth in North Sumatera Province. The research results show that the Fixed Effect Model (FEM) with individual effects is a suitable model to be used in this research where economic growth is influenced by changes in each individual (cross section), so the model equation is obtained* $\hat{Y}_{it} = \beta_{0it} - 434{,}33X_3 + 0{,}010963X_4 + 0{,}74340X_5 + 818{,}79X_6$. *Factors that have a significant influence on economic growth (Y) are poverty level (X_3), income per region (X_4), and expenditure per capita (X_5). Where the poverty level (X_3) has a significant negative influence on economic growth, while income per region (X_4) and expenditure per capita (X_5) each have a significant positive influence on economic growth.*
Keywords*:Panel Data Regression; Economic Growth*

Citation : Naibaho, H. M., & Khairani, N. (2024). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Ekonomi di Sumatera Utara Menggunakan Regresi Data Panel. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 593 – 600

PENDAHULUAN

Metode yang tepat untuk mengetahui hubungan antar peristiwa maupun fenomena adalah analisis regresi. Analisis regresi merupakan ilmu yang mempelajari keterkaitan antar variabel

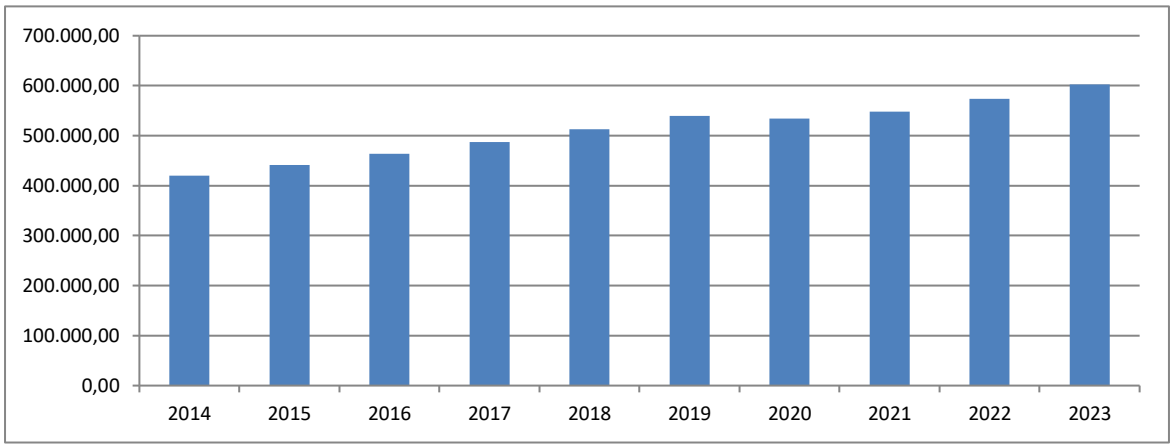
© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dependen terhadap independen. Beberapa jenis analisis regresi yang bisa digunakan untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan ekonomi di Sumatra Utara yaitu, analisis regresi linier sederhana, analisis regresi linear berganda, *autoregressive distributed lag* (ARDL), dan analisis regresi data panel.

Pada kasus ini, peneliti memilih metode analisis regresi data panel karena fakta bahwa data panel dapat menggabungkan data *cross section* serta *time series*. Regresi data panel dapat digunakan untuk menentukan korelasi dinamis antara variabel terikat dan bebas. Keunggulan analisis regresi data panel yaitu memberikan pertimbangan keberagaman yang terjadi pada tingkat *cross section* serta bisa mendapatkan informasi yang lebih komprehensif dibandingkan dengan runtun waktu sederhana (Indrasetianingsih & Wasik, 2020).

Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh (Amdan & Sanjani, 2023), dengan judul "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia" disimpulkan bahwasanya model yang dipakai dalam kasus tersebut yaitu *Random Effect Model*, hasil analisis regresi data panel serta pengujian hipotesis menyimpulkan bahwasanya pada kasus tersebut dengan bersama-sama pendapatan perkapita, angka harapan hidup, serta rata-rata lama sekolah secara simultan memiliki pengaruh positif serta signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi. Variabel pendapatan per kapita memiliki pengaruh yang positif serta signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi.

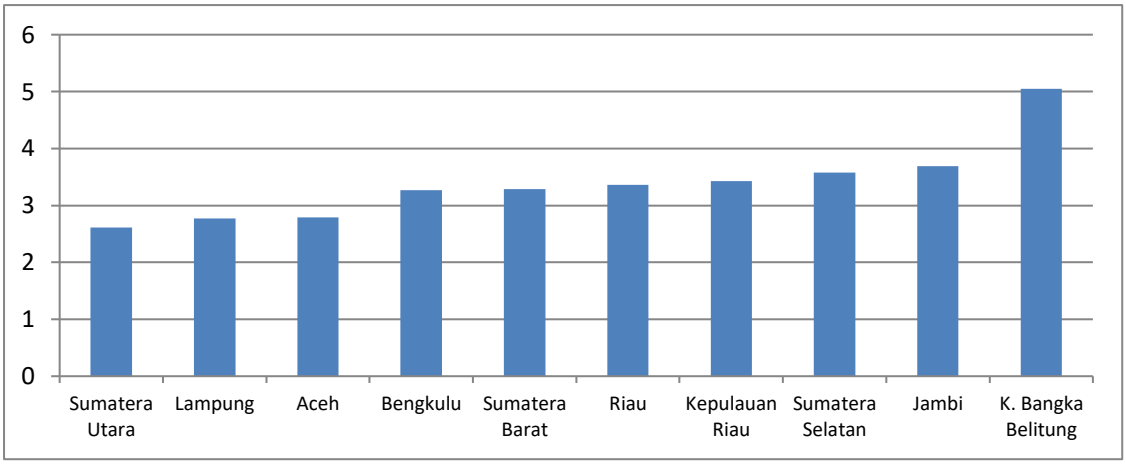
Jika ingin menganalisis pertumbuhan ekonomi suatu daerah pada saat tertentu, maka data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) atas dasar harga konstan adalah indikator tepat. Tingkat pertumbuhan ekonomi yang tinggi ditandai oleh angka Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) yang tinggi, sedangkan tingkat pertumbuhan ekonomi yang rendah ditandai oleh nilai Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) yang rendah (Fatoni & Prasetyanto, 2022).



Gambar 1. PDRB Sumatera Utara Tahun 2014-2023

Berdasarkan Gambar 1 PDRB Sumatra Utara cenderung meningkat setiap tahun. Hal tersebut adalah kondisi yang baik, tetapi terjadi penurunan di tahun 2020 yang terjadi karena pandemi COVID-19 yang mempunyai dampak di berbagai sektor, khususnya perekonomian. Sedangkan pada gambar 2 dapat dilihat bahwasanya pada tahun 2021 pertumbuhan ekonomi Provinsi Sumatera Utara merupakan yang terendah dibandingkan provinsi lainnya di Pulau Sumatera. Berdasarkan hal itu, diperlukan penelitian guna mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan ekonomi, dengan menganalisis pengaruh jumlah penduduk, tingkat pengangguran, tingkat kemiskinan, pendapatan per daerah, pengeluaran per kapita, serta tingkat pendidikan terhadap pertumbuhan ekonomi wilayah Sumatra Utara periode 2014 – 2023.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan



Gambar 2. Grafik Laju PDRB Menurut Provinsi di Pulau Sumatera Tahun 2021

Analisis regresi merupakan metode analisis yang digunakan di berbagai bidang seperti ekonomi, bisnis, dan pendidikan. Namun, analisis ini sering kali dilakukan dengan keliru. Pemecahan masalah regresi memerlukan perhitungan yang rumit, terutama jika melibatkan banyak variabel dan data observasi dalam jumlah besar. Namun perhitungan ini tidak menjadi masalah besar jika menggunakan komputer. Bahasa pemrograman R dapat digunakan sebagai alat komputasi untuk analisis ini. Bahasa pemrograman R adalah perangkat lunak integrasi dengan fungsi manipulasi data, perhitungan, dan visualisasi grafis. Perangkat lunak ini masih dalam pengembangan dan tersedia untuk diunduh online gratis bagi siapa saja yang menginginkannya. Setelah menjelaskan latar belakang tersebut, peneliti berniat melakukan penelitian dengan judul "Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Ekonomi di Sumatera Utara Menggunakan Regresi Data Panel". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana penerapan regresi data panel dalam menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan ekonomi di Sumatra Utara dan untuk mengetahui faktor apa paling signifikan dalam memengaruhi tingkat pertumbuhan ekonomi di Provinsi Sumatra Utara.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Badan Pusat Statistik (BPS) Sumatra Utara yang beralamat di Jl. Asrama No.179, Dwi Kora, Kec. Medan Helvetia, Kota Medan, Sumatra Utara, 20123. Untuk pengamatan dan pengambilan data dilakukan kurang lebih sekitar dua bulan. Data yang dipakai pada kasus ini yaitu data sekunder. Data didapat dari Badan Pusat Statistik (BPS) Sumatra Utara. Penelitian ini memakai metode kuantitatif. Populasinya adalah data pertumbuhan ekonomi di Provinsi Sumatra Utara periode $2014-2023$ yang menjadi data *time series* serta data *cross section*-nya yaitu data kabupaten/kota. Sampelnya yaitu sampel jenuh, di mana semua populasi pada penelitian ini dijadikan sampel. Sampelnya adalah tingkat pertumbuhan ekonomi, jumlah penduduk, tingkat pengangguran, tingkat kemiskinan, pendapatan per daerah, pengeluaran per kapita, serta tingkat pendidikan tahun $2014-2023$.

Variabel dalam kasus ini yaitu variabel terikat serta variabel bebas. Variabel diperoleh berdasarkan pengamatan dari tinjauan literatur serta penelitian terdahulu yang relevan, dan variabel yang digunakan disesuaikan kembali dengan data yang ada di Badan Pusat Statistik (BPS) Sumatera Utara terkait dengan pertumbuhan ekonomi.

Berdasarkan Teori Pertumbuhan Klasik yang dipelopori oleh Adam Smith, David Ricardo, Malthus, serta John Stuart Mill, pertumbuhan ekonomi dipengaruhi oleh 4 faktor, yakni jumlah penduduk, jumlah barang modal, luas tanah serta kekayaan alam dan teknologi yang dipakai. Teori ini menyajikan perhatiannya kepada pengaruh pertambahan penduduk terhadap pertumbuhan ekonomi. Hubungan antara pendapatan perkapita dengan jumlah penduduk dikenal sebagai teori penduduk optimal. Berdasarkan teori ini, pertambahan penduduk dapat menyebabkan kenaikan pendapatan perkapita (Amdan & Sanjani, 2023). Berdasarkan Teori *Phillips Curve* yang dipelopori oleh William Phillips, pertumbuhan ekonomi dipengaruhi oleh 2 faktor, yakni inflasi serta pengangguran. Tujuan utama pembuat kebijakan ekonomi ialah untuk menurunkan inflasi serta pengangguran. Inflasi serta pengangguran dideskripsikan dengan kurva Phillips. Kekuatan kurva Phillips adalah adanya keterkaitan antar inflasi serta pengangguran (Mayasari & Mahinshapuri, 2022). Berdasarkan Teori *Neo Keynesian* yang dipelopori oleh John Maynard Keynes, pertumbuhan ekonomi dipengaruhi oleh 2 faktor, yakni pengeluaran publik serta inflasi. Pendekatan sederhana digunakan untuk mempertimbangkan perubahan pengeluaran publik maupun pasokan uang nominal serta menganggap bahwasanya inflasi yang diharapkan ialah nol (Mayasari & Mahinshapuri, 2022).

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilaksanakan oleh (Fatoni & Prasetyanto, 2022) terkait analisis faktor yang mempengaruhi pertumbuhan ekonomi provinsi Sumatera Utara tahun $1990 - 2021$, diperoleh 3 variabel yang berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi di antaranya, yaitu jumlah penduduk, pengangguran, serta inflasi. Kemudian, berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Erdkhadifa, 2022) terkait faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan ekonomi di Jawa Timur dengan pendekatan *spatial regression*, diperoleh 5 variabel yang berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi di antaranya, yaitu jumlah penduduk, pengangguran, kemiskinan, pendapatan per daerah, investasi, dan indeks pembangunan manusia. Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilaksanakan oleh (Muda et al., 2019) terkait pengaruh angka harapan hidup, tingkat pendidikan dan pengeluaran perkapita terhadap pertumbuhan ekonomi di Sulawesi Utara pada tahun $2003 - 2017$ diperoleh 3 variabel yang berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi di antaranya, yaitu pengeluaran per kapita, angka harapan hidup, dan tingkat pendidikan.

Setelah dipaparkan terkait kajian literatur dan penelitian terdahulu yang relevan, maka pada kasus ini variabel terikat yang digunakan adalah tingkat Pertumbuhan Ekonomi (Y), sedangkan variabel bebasnya, yaitu Jumlah Penduduk (X_1), Tingkat Pengangguran (X_2), Kemiskinan (X_3), Pendapatan Perdaerah (X_4), Pengeluaran Perkapita (X_5), dan Tingkat Pendidikan (X_6). Setiap Variabel diperoleh dari data yang berasal dari provinsi Sumatera Utara pada tahun 2014 – 2023

Prosedur penelitian dimulai dengan pengumpulan data yang dibutuhkan, diikuti dengan input, deskripsi, dan standardisasi data. Selanjutnya, dilakukan berbagai uji statistik, termasuk uji Chow, uji Hausman, uji Breusch-Pagan, uji multikolinearitas, uji autokorelasi, serta pengujian metode Cochrane-Orcutt dan Newey-West untuk mengatasi masalah autokorelasi dan heteroskedastisitas. Setelah itu, dilakukan uji F, uji T, dan perhitungan koefisien determinasi untuk mengevaluasi model. Penelitian diakhiri dengan interpretasi hasil dan penarikan kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis statistik deskriptif dipakai untuk mendeskripsikan data, sehingga dapat menggambarkan masalah yang akan dianalisa. Berdasarkan tabel bisa diperhatikan bahwasanya ada perbedaan yang cukup jauh antara nilai rata-rata serta standar deviasi dari setiap variabel. Hal tersebut menunjukkan bahwa adanya variasi yang cukup besar pada setiap variabel.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Tabel 2. Analisis Statistik Deskriptif

Variabel	Minimum	Maksimum	Rata-Rata	Standar Deviasi
Y	639,39	173445,7	15687,68	26687,61
X1	44520	2494512	439967,2	499499,4
X2	50	121823	13072,28	21691,87
X3	4,01	207,5	40,83712	35,78978
X4	1198526	520961702	46941016	60357456
X5	5156	15674	10122,89	2117,339
X6	4,64	11,62	8,893545	1,464434

Standardisasi data digunakan untuk menyelaraskan data agar analisisnya menjadi lebih efisien. Standardisasi tidak akan mengubah pola distribusi tetapi mengubah rentang nilai data menjadi skala baru yang memiliki rata-rata 0 serta standar deviasi 1.

	Kabupaten.Kota	Tahun	Y	X1	X2
1	Nias	2014	-0.512969226	-0.6008118587	-0.587883132
2	Nias	2015	-0.508836597	-0.5993083535	-0.573038857
3	Nias	2016	-0.504860595	-0.5977267702	-0.572531755
4	Nias	2017	-0.500706609	-0.5963113532	-0.565801121
5	Nias	2018	-0.496391873	-0.5948498901	-0.551602250
6	Nias	2019	-0.491787865	-0.5938909301	-0.566769226
7	Nias	2020	-0.490060097	-0.5925615992	-0.482175303
8	Nias	2021	-0.487897296	-0.5849319611	-0.493008857
9	Nias	2022	-0.484842696	-0.5820190449	-0.499278488
10	Nias	2023	-0.480913532	-0.5731922082	-0.508867336
11	Mandailing Natal	2014	-0.324223247	-0.0271976037	0.004504831
12	Mandailing Natal	2015	-0.307856479	-0.0181645606	-0.060957497
13	Mandailing Natal	2016	-0.290567186	-0.0093377239	0.045257434
14	Mandailing Natal	2017	-0.272455039	-0.0009253021	-0.023431909
15	Mandailing Natal	2018	-0.254182893	0.0070526848	-0.167633430
16	Mandailing Natal	2019	-0.236484796	0.0146542949	0.010497861
17	Mandailing Natal	2020	-0.239775086	0.0221437928	0.014969583
18	Mandailing Natal	2021	-0.228636961	0.0762659754	0.021331415
19	Mandailing Natal	2022	-0.213046583	0.0899036283	0.202320920
20	Mandailing Natal	2023	-0.194578091	0.1141298816	0.149443955
21	Tapanuli Selatan	2014	-0.305175086	-0.3340047536	-0.134902266
22	Tapanuli Selatan	2015	-0.291433505	-0.3300688133	-0.231343949
23	Tapanuli Selatan	2016	-0.276269917	-0.3264832237	-0.015410469
24	Tapanuli Selatan	2017	-0.260026802	-0.3230838205	-0.221939502

Gambar 3. Hasil Standardisasi Data Menggunakan R Studio

Pada Uji Chow diperoleh *p-value* = 0,0000000000000022, F_{hitung} = 96,086 dan F_{tabel} = 2,4 sehingga $F_{hitung} > F_{tabel}$. Jadi, H_0 ditolak sehingga model yang terpilih yaitu model *Fixed Effect Model* (FEM). Kemudian pada Uji Hausman dengan *p-value* = 0,0000000000000022, X^2_{hitung} = 417,96 dan X^2_{tabel} = 9,488 atau dapat dikataan bahwa $X^2_{hitung} > X^2_{tabel}$ sehingga, H_0 ditolak sehingga model yang terpilih yaitu model *Fixed Effect Model* (FEM). Setelah melakukan uji *Chow* serta uji *Hausman*, dapat disimpulkan bahwasanya model terbaik yang terpilih pada kasus ini yaitu *Fixed Effects Model* (FEM), sehingga dilakukan uji Breusch Pagan (Tabel 3). Tabel 3 memberikan informasi efek individu dan efek dua arah signifikan, sehingga dapat disimpulkan bahwasanya model yang sesuai dipakai pada kasus ini adalah model *Fixed Effects Model* (FEM) efek individu.

Tabel 3. Hasil Uji Breusch Pagan

Uji	*p-value*	X^2_{hitung}	X^2_{tabel}	Hasil Uji
Efek Individu	0,00000000000000022	743,46	3,841	Signifikan
Efek Waktu	0,6969	0,15171	3,841	Tidak Signifikan
Efek Dua Arah	0,00000000000000022	743,92	3,841	Signifikan

Kemudian pada Uji Multikolinearitas (tabel 4) diperoleh ada dua variabel yang mengalami masalah multikolinearitas. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian multikolinearitas berulang dengan cara mengeliminasi variabel-variabel yang mempunyai masalah multikolinearitas untuk mengatasi masalah multikolinearitas tersebut. Pada uji multikolinearitas pertama X_3, X_4, X_5, dan X_6

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dinyatakan tidak multikolinearitas, maka dilakuakn uji multikolinearitas kedua dan variabel tersebut tetap tidak multikolinearitas.

Tabel 3. Hasil Uji Multikolinearitas

	Uji Multikolinearitas Pertama		**Uji** Multikolinearitas Kedua	
Variabel	**Nilai VIF**	**Keterangan**	**Nilai VIF**	**Keterangan**
X_1	15,959524	Multikolinearitas	-	-
X_2	13,091557	Multikolinearitas	-	-
X_3	7,133959	Tidak Multikolinearitas	2,206534	Tidak Multikolinearitas
X_4	2,141024	Tidak Multikolinearitas	1,984631	Tidak Multikolinearitas
X_5	3,173592	Tidak Multikolinearitas	3,093682	Tidak Multikolinearitas
X_6	3,136369	Tidak Multikolinearitas	2,824401	Tidak Multikolinearitas

Pada Uji Autokorelasi diperoleh *p-value* =0,0000000000000022, dan *Chisq* = 161,13 serta X^2_{tabel} = 10, hal ini menunjukkan $p - value < \alpha$, maka dapat dikatakan bahwasanya ada masalah autokorelasi pada model regresi tersebut. Maka dari itu, perlu dilakukan uji *Cochrane-Orccutt* untuk mengatasi masalah autokorelasi tersebut. Pada uji *Cochrane-Orccutt* diperoleh $\hat{p}$ = 0,2072, *dw* = 1,90133 dan *du* = 1,83779, dengan menggunakan metode *Cochrane-Orcutt*, sudah tidak terdapat lagi permasalahan autokorelasi yang terdeteksi dalam model regresi tersebut dengan memperhatikan nilai $dw > du$, sehingga model regresi tersebut sudah dianggap baik.

Selanjutnya untuk Uji Heteroskedastisitas diperoleh *p-Value* = 0,0000000000000022, *Bp* = 159, 27 dan X^2_{tabel} = 1. Hal ini menunjukkan bawah $p - value < \alpha$, maka dapat dikatakan bahwasanya terdapat masalah heteroskedastisitas pada model regresi tersebut. Maka dari itu, perlu dilakukan uji *Newey-West* untuk mengatasi masalah heteroskedastisitas tersebut. Pada uji ini diperoleh *p-value* = 0,005259 dan t_{hitung} = 2,8116, sehingga dengan menggunakan metode *Newey-West*, sudah tidak terdapat lagi masalah heteroskedastisitas yang terdeteksi pada model regresi tersebut dengan melihat nilai $p - value < \alpha$, sehingga model regresi tersebut sudah dianggap baik. Pada uji F diperoleh F_{hitung} (40,9829) >F_{tabel} (2,4), sehingga diperoleh maka H_0 ditolak sehingga bisa disimpulkan bahwasanya variabel bebas memiliki pengaruh terhadap variabel terikat.

Uji T dilakukan pada variabel tingkat kemiskinan (X_3), pendapatan per daerah (X_4), dan pengeluaran per kapita (X_5) memiliki nilai $p_{value} < \alpha$ (tabel 4), artinya variabel tersebut dinyatakan berpengaruh secara signifinakan, namun tidak untuk variabel Tingkat Pendidikan (X_6). Dari uji-t dilanjutkan pada uji koefisien determinasi dan diperoleh RSS = 2627700000 dan TSS = 409790000 serta R^2=0,3587. Hal ini menunjukkan bahwa variabel tingkat kemiskinan (X_3), pendapatan per daerah (X_4), dan pengeluaran per kapita (X_5) memiliki pengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi sebesar 35,87%..

Tabel 4. Hasil Uji T

Variabel Independen	***p-value***	t_{hitung}	t_{tabel}	**Hasil Uji**
X_3	0,000000000000127	−8,4623	1,699	Berpengaruh Signifikan
X_4	0,02683	2,2251	1,699	Berpengaruh Signifikan
X_5	0,02166	2,3086	1,699	Berpengaruh Signifikan
X_6	0,17743	1,3520	1,699	Tidak Berpengaruh Signifikan

Kemudian untuk koefisien *Slope* sebagai hasil *Fixed Effect Model* setiap variabel X_3, X_4, X_5, dan X_6 berturut-turut -434,33; 0,010963; 0,74340; dan 818,79. Dengan demikian model yang sesuai untuk digunakan yaitu *Fixed Effect Model* (FEM) serta didapatkan nilai koefisien regresi (*slope*) untuk tiap-tiap variabel, sehingga diperoleh persamaan $\hat{Y}_{it} = \beta_{0it} - 434{,}33X_3 + 0{,}010963X_4 +$

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

$0{,}74340X_5 + 818{,}79X_6$. Kemudian, diperoleh nilai intersep dari setiap individu (Kabupaten-Kota) dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai Intersep Unit Individu

Kabupaten.Kota	Intersep
Asahan	47796,82
Dairi	6898,37
Humbang Hasundutan	4400,28
Labuhanbatu Selatan	22268,03
Mandailing Natal	19132,96
Nias Barat	5905,16
Padang Lawas	9866,61
Pakpak Bharat	4628,95
Serdang Bedagai	31640,82
Tanjungbalai	5934,86
Tapanuli Utara	7851,49
Batu Bara	35869,56
Deli Serdang	96555,64
Karo	18504,39
Labuhanbatu Utara	22212,3
Medan	217574,85
Nias Selatan	22529,89
Padang Lawas Utara	10676,87
Pematang Siantar	7535,41
Sibolga	1325,87
Tapanuli Selatan	10668,79
Tebing Tinggi	524,08
Binjai	4372,8
Gunungsitoli	8306,26
Labuhan Batu	30063,01
Langkat	65601,61
Nias	6104,84
Nias Utara	12815,2
Padangsidimpuan	1478,41
Samosir	2317,92
Simalungun	51454
Tapanuli Tengah	19194,58
Toba	1504,29

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah disajikan, bisa disimpulkan bahwasanya, regresi data panel diterapkan dengan mencari model yang tepat untuk dipakai pada kasus ini. Dari hasil penelitian, *Fixed Effects Model* (FEM) dengan efek individu adalah model yang sesuai untuk dipakai dalam kasus ini setelah melewati dua uji statistik (uji *Chow* serta uji *Hausman*), serta setelah melewati pengujian asumsi klasik, dimana pertumbuhan ekonomi dipengaruhi oleh perubahan setiap individu (*cross section*), maka diperoleh persamaan model regresi:

$$Y_{it} = \beta_{0it} - 434{,}33X_3 + 0{,}010963X_4 + 0{,}74340X_5 + 818{,}79X_6$$

Kemudian penerapan regresi data panel mampu menganalisis faktor-faktor apa saja yang memengaruhi pertumbuhan ekonomi di Sumatera Utara dengan mempertimbangkan aspek antar wilayah (*cross section*) serta antarwaktu (*time series*). Faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi (Y) yakni tingkat kemiskinan (X_3), pendapatan perdaerah (X_4), dan pengeluaran per kapita (X_5). Di mana tingkat kemiskinan (X_3) memiliki pengaruh negatif signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi namun pendapatan per daerah (X_4) seta pengeluaran per kapita (X_5) masing-masing memiliki pengaruh positif signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi. Sementara variabel tingkat pendidikan (X_6) tidak berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi (Y).

DAFTAR PUSTAKA

Amdan, L., & Sanjani, M. R. (2023). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia. *EKOMA : Jurnal Ekonomi, Manajemen, Akuntansi*, *3*(1), 108–119. https://doi.org/10.56799/ekoma.v3i1.2089

Erdkhadifa, R. (2022). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Ekonomi Di Jawa Timur Dengan Pendekatan Spatial Regression. *IQTISHADUNA: Jurnal Ilmiah Ekonomi Kita*, *11*(2), 122–140. https://doi.org/10.46367/iqtishaduna.v11i2.729

Fatoni, M. R., & Prasetyanto, P. K. (2022). Analisis Faktor yang Mempenaruhi Pertumbuhan Ekonomi Provinsi Sumatera Utara Tahun 1990-2021. *Jurnal Economina*, *1*(3), 647–664.

Indrasetianingsih, A., & Wasik, T. K. (2020). Model Regresi Data Panel Untuk Mengetahui Faktor Yang Mempengaruhi Tingkat Kemiskinan Di Pulau Madura. *Jurnal Gaussian*, *9*(3), 355–363. https://doi.org/10.14710/j.gauss.v9i3.28925

Mayasari, F., & Mahinshapuri, Y. F. (2022). Pengaruh Inflasi Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Indonesia. *JEB17 : Jurnal Ekonomi Dan Bisnis*, *7*(02), 119–132. https://doi.org/10.30996/jeb17.v7i02.7362

Muda, R., Koleangan, R., & Kalangi, B. J. (2019). Pengaruh Angka Harapan Hidup, Tingkat Pendidikan dan Pengeluaran Perkapita Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Sulawesi Utara Pada Tahun 2003-2017. *Berkala Ilmiah Efisiensi*, *19*(1), 44–55.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Peningkatan Kemampuan Komunikasi Matematis Peserta Didik Kelas X dengan Pembelajaran Berbasis Proyek Kolaboratif Berbantuan Media Canva

Grecia Pratiwi Saragih
Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
Coresponding Author: *greciapratiwi@gmail.com*

Abstrak, salah satu aspek terpenting dalam belajar matematika adalah memiliki kemampuan komunikasi matematis, yang mencakup kemampuan untuk mengartikulasikan ide-ide matematika baik secara lisan maupun tertulis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah pembelajaran berbasis proyek kolaboratif berbantuan media Canva dapat meningkatkan kemampuan komunikasi matematika peserta didik kelas X. Dikenal sebagai penelitian tindakan kelas, penelitian ini mengikuti model Kemmis dan McTaggart, yang terdiri dari tahap persiapan, pelaksanaan, observasi, dan refleksi. Tiga puluh lima siswa dari kelas X-E menjadi subjek penelitian. Untuk menentukan tingkat awal keterampilan komunikasi matematika peserta didik, tes kemampuan komunikasi matematika diberikan pada awal proyek penelitian ini. Setelah pemberian tindakan diperoleh rata-rata kemampuan komunikasi matematis peserta didik meningkat dari 64,04 dengan 15 peserta didik memperoleh nilai ≥70 pada siklus I menjadi 79,76 dengan disiklus II, 30 peserta didik memperoleh nilai ≥70. Berdasarkan analisis penelitian, kelas X–E T.A 2023/2024 di SMA Negeri 1 Batang Kuis Jalan Pendidikan, Kecamatan Paya Gambar, Kabupaten Deli Serdang, dapat memanfaatkan paradigma pembelajaran Proyek Kolaboratif untuk meningkatkan kemampuan komunikasi matematika peserta didik yang didukung media Canva pada materi statistika.
Kata kunci: *Canva; Komunikasi matematis; Proyek Kolaboratif; Peningkatan*

Abstract, *one of the key components in learning mathematics is having mathematical communication skills, which include the ability to express mathematical concepts both verbally and in writing. This study aims to determine the improvement of mathematical communication skills of class X students with collaborative project-based learning assisted by Canva media. This type of research is classroom action research using the Kemmis and McTaggart model. The subjects were all 35 students in class X-E. This research action began with the provision of an initial mathematical communication ability test of students who were studied to see the level of initial mathematical communication abilities of students. After the action was given, the average mathematical communication ability of students increased from 64.04 with 15 students getting a score of ≥70 in cycle I to 79.76 with 30 students getting a score of ≥70 in cycle II. Based on the analysis, it was obtained that the Collaborative Project learning model assisted by Canva media on statistics material in class X-E of SMA Negeri 1 Batang Kuis on Jalan Pendidikan, Paya Gambar, Kec. Batang Kuis, Deli Serdang Regency Academic Year 2023/2024 can improve students' mathematical communication skills obtained from the results of implementing actions in cycle II.*
Keywords: *Canva; Mathematical Communication; Collaborative Projects; Improvement*

Citation : Saragih, G. P. (2024). Peningkatan Kemampuan Komunikasi Matematis Peserta Didik Kelas X dengan Pembelajaran Berbasis Proyek Kolaboratif Berbantuan Media Canva. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 601 – 610.

PENDAHULUAN

Mata pelajaran matematika adalah salah satu mata Pelajaran yang sangat berpengaruh dalam duni sekolah maupun kehidupan sehari-hari. Menurut para ahli di bidang pendidikan matematika, matematika adalah ilmu yang mengkaji tingkatan, keteraturan, dan pola. Ini menunjukkan bahwa

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

guru matematika harus membantu peserta didik dalam memahami konsep melalui pemahaman pola yang ada. Menurut Yolanda (2020), matematika adalah ilmu logika yang saling terkait dan dapat membantu manusia dalam memahami dan memecahkan masalah sosial, ekonomi, dan alam.

Lima keterampilan matematika utama yang harus dikuasai peserta didik adalah pemahaman matematika, pemecahan masalah matematika, komunikasi matematika, koneksi matematika, dan penalaran matematika. *National Council of Teacher Mathematics*, atau NCTM, juga menetapkan lima standar kecakapan matematika yang harus dimiliki oleh peserta didik: kemampuan untuk memecahkan masalah, bernalar dan membuktikan, berkomunikasi, menghubungkan, dan menggambarkan. (Maulyda, 2020). Komunikasi menjadi tuntutan dalam pembelajaran hingga abad 21 ini. Berkomunikasi berarti peserta didik bertukar pikiran dan gagasan serta menyatakan pemahaman dan pengetahuannya selama pembelajaran. La'ia & Harefa (2021) menyatakan pentingnya kemampuan komunikasi matematis diantara berbagai kemampuan matematis lainnya. Mereka menegaskan bahwa kemampuan komunikasi matematis memiliki peranan yang istimewa bagi setiap peserta didik dalam mengembangkan, memperdalam pemahaman, dan memberikan makna pada konsep-konsep, menjaga agar ide-ide tetap relevan, dan menjelaskan berbagai aspek matematika.

Kenyataannya, kemampuan peserta didik dalam komunikasi matematika masih kurang. Seperti fakta lapangan yang dikemukakan oleh Hasbi et al. (2023) rendahnya kemampuan dalam mengkomunikasikan ide matematika peserta didik ditunjukkan dengan banyaknya peserta didik yang hanya diam saja ketika diminta berinteraksi oleh guru, masih enggan berpartisipasi aktif dalam kelas, hasil tes yang menunjukkan peserta didik masih tidak dapat menyatakan istilah matematika secara akurat, memaparkan informasi yang diberikan dan yang diminta dalam soal, mengungkapkan gagasan melalui gambar, dan sebagainya. Masalah ini menunjukkan betapa tidak memadainya kemampuan komunikasi tertulis peserta didik. Fakta lapangan ini juga ditemukan oleh peneliti, di mana 29 dari 36 peserta didik kelas X-C SMA Negeri 1 Batang Kuis masih mengalami kesulitan dalam memahami dan menyajikan data yang diberikan dalam soal ke dalam bentuk diagram, tabel, atau gambar. Selain itu, mereka juga kesulitan dalam memodelkan masalah matematis dan memberikan penjelasan mengenai suatu permasalahan matematis berdasarkan pemikiran mereka sendiri.

Untuk meningkatkan komunikasi matematis peserta didik, guru harus menemukan metode pembelajaran kreatif untuk mengatasi kendala yang ada. Sejumlah faktor, termasuk representasi matematis, kemampuan untuk membuat grafik dan tabel matematis, dan kemampuan untuk menjelaskan masalah matematis dengan menggunakan penalaran matematis peserta didik, berkontribusi pada masalah rendahnya kemampuan komunikasi matematis. Menggunakan paradigma pembelajaran proyek kolaboratif adalah salah satu pendekatan yang dapat diadopsi oleh para pendidik. Model ini memberikan dukungan kepada peserta didik yang mengalami kesulitan akademik, perilaku, atau emosional, untuk meningkatkan minat peserta didik dalam belajar matematika. Peserta didik dapat berpartisipasi aktif, bertanggung jawab atas pendidikan mereka, dan mengembangkan kemampuan komunikasi matematika mereka melalui pembelajaran berbasis proyek. Penting sekali adanya kolaborasi dalam pembelajaran matematika. Peserta didik dapat saling berinteraksi, berbagi ide, dan membangun pengetahuan bersama dalam konteks pembelajaran matematika. Model ini juga didasari pada aktivitas diskusi yaitu bagaimana pembelajaran berbasis proyek mampu mendorong partisipasi aktif peserta didik. Widana & Septiari (2021) mengartikan model pembelajaran berbasis proyek merupakan metode pengajaran yang menekankan penggunaan kecerdasan untuk memecahkan berbagai tantangan. Peserta didik dapat menggunakan ide-ide yang

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

relevan untuk memecahkan masalah dengan cara ini. Peran guru adalah sebagai fasilitator, yang membantu peserta didik dalam proses pembelajaran ketika dibutuhkan. Tujuan dari model belajar ini adalah untuk membantu peserta didik memahami ide-ide baru dengan memberi mereka banyak kesempatan untuk mengekspresikan diri dan dengan memberi mereka stimulasi mental dan fisik yang konstruktif. Untuk meningkatkan keterampilan komunikasi matematika, para peneliti mengembangkan model pembelajaran ini dan memodifikasinya dengan memperhitungkan penanda keterampilan komunikasi matematika.

Dalam penelitian ini, peneliti akan menggunakan media Canva sebagai bahan penyampaian materi kepada peserta didik dan hasil dari pembelajaran proyek berbentuk karya inovatif yang dikerjakan peserta didik. Penggunaan Canva tidak hanya memberikan kemudahan dalam proses desain, tetapi juga memberikan manfaat besar utama dalam konteks pembelajaran (Purba & Harahap, 2022). Pendidik dan peserta didik dapat menggunakan Canva untuk menciptakan materi pembelajaran yang menarik dan kreatif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan apakah terdapat peningkatan keterampilan komunikasi matematika setelah peserta didik belajar mengaplikasikan model proyek kolaboratif dengan bantuan media Canva dan mencapai tingkat keberhasilan pembelajaran tradisional di kelas.

METODE PENELITIAN

Dengan menggunakan metodologi deskriptif kuantitatif dan desain penelitian tindakan, penelitian yang dilakukan dapat dikategorikan sebagai penelitian tindakan kelas (*action research*) berdasarkan masalah penelitian yang disebutkan. Kelas X SMA Negeri 1 Batang Kuis yang terletak di Jl Pendidikan, Paya Gambar, Kecamatan Batang Kuis, Kabupaten Deli Serdang, akan menjadi lokasi penelitian ini. Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan April tahun ajaran 2023/2024, selama semester genap. Sebanyak 35 siswa dari kelas X-E di SMA Negeri 1 Batang Kuis pada tahun ajaran 2023/2024 menjadi subjek penelitian. Objek penelitian ini adalah penggunaan model pembelajaran Proyek Kolaboratif berbantuan media Canva untuk meningkatkan kemampuan komunikasi matematis peserta didik kelas X SMA Negeri 1 Batang Kuis tahun ajaran 2023/2024. Penelitian ini akan dilakukan dalam beberapa siklus, dengan setiap siklus ditingkatkan untuk mendapatkan keterampilan komunikasi peserta didik yang lebih baik.

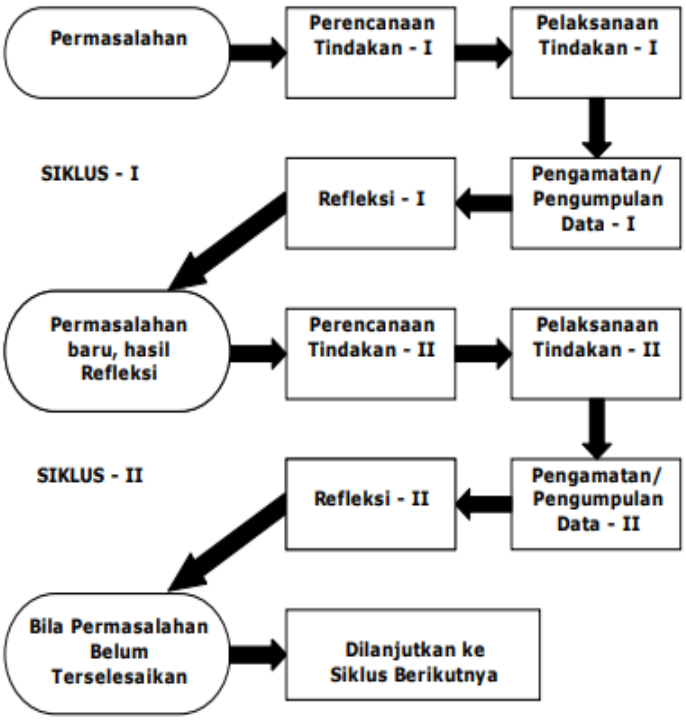
Peningkatan dalam komunikasi matematika biasanya diukur dari seberapa baik peserta didik memahami, memproses, dan menyampaikan konsep-konsep matematika. Berikut ini menunjukkan adanya peningkatan dalam persyaratan komunikasi matematika peserta didik: 1) Kemampuan peserta didik untuk mengungkapkan ide atau konsep matematika dengan cara yang logis, terorganisasi dengan baik, dan dapat dipahami. 2) Kemampuan peserta didik untuk menulis solusi matematika menggunakan proses metodis dan menyertai penjelasannya dengan simbol, diagram, grafik, atau tabel, 3) Kemampuan peserta didik dalam memahami representasi matematika yaitu mampu memahami masalah matematika yang disajikan dalam berbagai bentuk (table, grafik, atau pernyataan verbal), 4) Kemampuan peserta didik dalam bertanya dan memberikan argument terkait konsep dalam materi matematika, 5) Terdapat peningkatan hasil tes atau evaluasi yang mengukur komunikasi matematis melalui soal tes, hasil proyek, dan diskusi kolaboratif, dan 6) Terdapat peningkatan motivasi peserta didik untuk berpartisipasi dalam diskusi matematika secara kolaboratif dan peserta didik lebih sering menggunakan pendekatan matematis dalam menyelesaikan masalah sehari-hari. Peningkatan kemampuan komunikasi matematis peserta didik melalui penggunaan model

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pembelajaran proyek kolaboratif dapat dianalisis menggunakan normalitas gain (N-Gain) seperti pada persamaan (1).

$$\text{N gain} = \frac{(\text{skor rata} - \text{rata posttest}) - (\text{skor rata} - \text{rata pretest})}{(\text{skor maksimal}) - (\text{skor rata} - \text{rata pretest})} \quad (1)$$

Kriteria gain ternormalisasi Kriteria normalitas gain dikategorikan sebagai tinggi jika $g \geq 0{,}7$ sedang jika $0{,}3 \leq g < 0{,}7$, dan rendah jika $g < 0{,}3$. Disain penelitian ini menggunakan empat komponen yang saling terkait secara siklis, model Kemmis dan McTaggart digunakan untuk membangun proyek penelitian tindakan ini di kelas. Tahapan penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan langkah-langkah PTK, yang mencakup perencanaan, pelaksanaan, observasi, dan refleksi. Gambaran alur tahapan PTK dapat dilihat pada ilustrasi di bawah ini.



Gambar 1. Design Penelitian Tindakan Kelas (Wijaya & Syahrum, 2013)

Tahapan permasalahan yang teridentifikasi dari hasil tes observasi kemampuan komunikasi matematis peserta didik merupakan tahapan dimulainya upaya penelitian. Tujuan tes ini adalah untuk memastikan tantangan yang dihadapi peserta didik saat mencoba memecahkan soal yang diberikan. Kemudian lanjut ke tahap persiapan, pelaksanaan tindakan, pengamatan, dan refleksi.

Tes, proyek peserta didik, dan observasi adalah metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengumpulkan data. Penelitian tindakan ini menggunakan dua jenis instrumen yang berbeda: instrumen tes dan instrumen nontes. Instrumen tes berupa pemberian tes kepada peserta didik yang disusun berdasar aspek dan indikator komunikasi matematis. Aspek dan indikator yang dimasukkan ke dalam penilaian yakni menulis, merepresentasi, dan menggambar. Peserta didik mengerjakan tes untuk mengukur kemampuan mereka dalam komunikasi matematika. Alat non-tes yang digunakan dalam penelitian tindakan ini meliputi lembar observasi, lembar aktivitas peserta didik, dan lembar observasi aktivitas pelaksanaan pembelajaran instruktur. Dengan mengadopsi model pembelajaran proyek kolaboratif, lembar observasi ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan hasil belajar peserta didik dalam memahami materi. Pada akhir setiap siklus, lembar observasi ini dianalisis dan dievaluasi untuk menyempurnakan proses pembelajaran pada siklus berikutnya.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Penelitian ini dimulai dengan wawancara guru dan observasi awal untuk mengukur kemampuan peserta didik dalam komunikasi matematika. Persentase kemampuan komunikasi matematis peserta didik pada materi eksponen pada hasil ujian pertama menunjukkan bahwa tingkat komunikasi peserta didik masih cukup rendah, karena masih jauh dari indikasi keberhasilan ketuntasan klasikal kelas yaitu minimal ≥85%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembelajaran proyek kolaboratif efektif meningkatkan kemampuan peserta didik untuk mengkomunikasikan ide-ide matematika karena melibatkan pesera didik dalam aktivitas berbasis proyek yang membutuhkan interaksi, diskusi, dan penyelesaian masalah secara kolaboratif. Melalui pendekatan ini, peserta didik didorong untuk mengkomunikasikan pemikiran mereka, menggunakan terminologi matematika secara efektif, dan mengilustrasikan kesimpulan mereka dengan menggunakan berbagai alat bantu visual, termasuk tabel, grafik, dan diagram. Pendekatan ini memungkinkan peserta didik untuk berdiskusi, memberikan justifikasi, dan mempresentasikan hasil kerja, sehingga melatih kemampuan verbal, tertulis, dan argumentasi matematis mereka. Menurut penelitian Maudi (2016) model pembelajaran ini dapat digunakan sebagai alternatif pembelajaran matematika karena dapat membantu peserta didik menjadi lebih mahir dalam komunikasi matematis baik secara tertulis maupun lisan, peserta didik memberikan respon yang baik terhadap cara pembelajaran yang diterapkan, lebih dari 80% siswa merasa lebih terlibat dalam proses pembelajaran, dan aktivitas kelas secara keseluruhan meningkat. Selain itu, Susanti et al., (2019) menemukan bahwa pembelajaran proyek dapat menginspirasi dan mendorong peserta didik untuk mengambil peran aktif dalam memecahkan masalah, seperti persamaan garis singgung lingkaran, dengan mengelola beberapa sumber daya secara kolaboratif. Hal ini merupakan salah satu elemen yang dapat mempengaruhi kemampuan komunikasi matematis peserta didik. Selain itu, mahasiswa secara aktif berpartisipasi dalam diskusi kelas dengan dosen dan teman sekelas, sehingga memungkinkan mereka untuk menilai sudut pandang satu sama lain ketika membuat keputusan. Mahasiswa merasa lebih percaya diri saat mempresentasikan hasil tugas proyek mereka berkat pengalaman yang mereka dapatkan selama belajar, termasuk berkreasi, meneliti, memecahkan masalah, dan mengambil keputusan.

Sebelum proses perencanaan tindakan pada hari Rabu, 22 Mei 2024, yang mencoba untuk memastikan kemampuan komunikasi matematis peserta didik, dilakukan tes awal. Dari 35 peserta didik yang diteliti, ditemukan bahwa kemampuan komunikasi matematika dasar mereka masih sangat kurang, sebanyak 4 peserta didik (11,42 %) telah mencapai ketuntasan yang diharapkan, yaitu peserta didik yang mempunyai kemampuan komunikasi matematis pada tingkat awal minimal di kriteria sedang (P≥70), sedangkan sebanyak 31 peserta didik (88,57 %) belum mencapai ketuntasan karena memperoleh nilai P<70. Nilai rata-rata kemampuan komunikasi matematika kelas yang diperoleh pada eksplorasi awal adalah 44,99.

Peneliti memulai pelaksanaan tindakan siklus I berdasarkan kerangka perencanaan pembelajaran yang telah disusun oleh peneliti pada modul ajar. Kegiatan pembelajaran terdiri dari pembukaan, kegiatan inti, dan penutup. Pada kegiatan inti, peneliti menggunakan model pembelajaran proyek kolaboratif dengan sintaks pembelajaran antara lain : 1) Memulai pembelajaran dengan pertanyaan penting dan penyajian materi, 2) Menyusun desain perencanaan proyek, 3) Membuat jadwal aktivitas, 4) Memonitor kemajuan proyek, dan 5) Menguji hasil proyek yang telah diselesaikan peserta didik. Peserta didik berkolaborasi dalam kelompok untuk menyelesaikan tugas

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

sesuai dengan strategi yang telah ditentukan. Mereka saling berdiskusi, bertukar ide, dan saling membantu untuk memecahkan masalah. Guru memantau aktivitas kelompok, memberikan bimbingan, dan menjawab pertanyaan peserta didik, tetapi tidak memberikan solusi langsung. Guru juga mendorong peserta didik untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif. Diakhir pembelajaran setiap kelompok peserta didik mempresentasikan hasil proyek mereka didepan kelas, yaitu berupa poster statistika yang telah dirancang peserta didik melalui media canva. Dan kelompok lain memberikan tanggapan, pertanyaan, atau masukan terhadap hasil presentasi, yang kemudian dijawab oleh kelompok penyaji. Setiap peserta didik diberikan tes kemampuan komunikasi matematis I oleh peneliti pada akhir sesi. Nilai rata-rata kelas pada tes kemampuan komunikasi matematika pertama adalah 64,04 (kategori kurang). Tes kemampuan komunikasi matematika I menunjukkan peningkatan sebesar 19% dibandingkan dengan rata-rata kelas pada tes pertama. Meskipun nilai rata-rata kelas meningkat, penelitian ini belum memenuhi syarat keberhasilan. Hal ini dikarenakan persentase ketuntasan klasikal 71% yang dicapai pada siklus I masih di bawah ambang batas ketuntasan klasikal 85%. Untuk menyusun kegiatan yang dapat meningkatkan kemampuan peserta didik di siklus II dalam mengkomunikasikan ide-ide matematika, maka penelitian harus dilakukan melalui siklus II, dengan menggunakan hasil tes dari siklus I sebagai panduan. Dari hasil penilaian kemampuan komunikasi matematika peserta didik pada siklus I diperoleh dari 35 peserta didik terdapat 15 (42,85%) telah mencapai ketuntasan belajar (≥70), sedangkan 20 (57,14%) peserta didik lainnya belum mencapai nilai ketuntasan yang diharapkan. Peneliti memodifikasi Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) menjadi lebih kreatif sesuai dengan model pembelajaran dan dihubungkan dengan penguatan kemampuan komunikasi matematis peserta didik, antara lain penyesuaian pada proses pembelajaran, berdasarkan temuan siklus I.Guru melibatkan seluruh peserta didik dalam evaluasi pembelajaran serta memperbaiki konsep peserta didik terkait materi yang dipelajari. Guru membentuk kelompok baru berdasarkan hasil tes sehingga kolaborasi tim lebih bervariasi dan menghasilkan ide-ide baru antarpeserta didik.

Pada tes kedua keterampilan komunikasi matematika, skor rata-rata kelas adalah 79,76 (sedang). Dibandingkan dengan nilai posttest siklus I, nilai rata-rata kelas pada tes kemampuan komunikasi matematika kedua meningkat sebesar 15,76%. Hasil tes menunjukkan bahwa persentase ketuntasan klasikal yang diperoleh telah mencapai 85% sehingga penelitian selesai sampai pada siklus II. Dari hasil tes diketahui bahwa kemampuan komunikasi matematika peserta didik telah meningkat dari siklus sebelumnya. Sebanyak 30 peserta didik (85,71%) telah mencapai nilai ketuntasan secara klasikal, berdasarkan hasil ujian dari seluruh peserta didik, sedangkan lima peserta didik lainnya belum mencapai nilai ketuntasan. Pada tes kemampuan komunikasi matematis peserta didik siklus II, nilai rata-rata kelas adalah 79,76. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan sebesar 9,76 pada rata-rata kemampuan komunikasi matematis peserta didik dibandingkan dengan tes kemampuan komunikasi matematis siklus I (70).

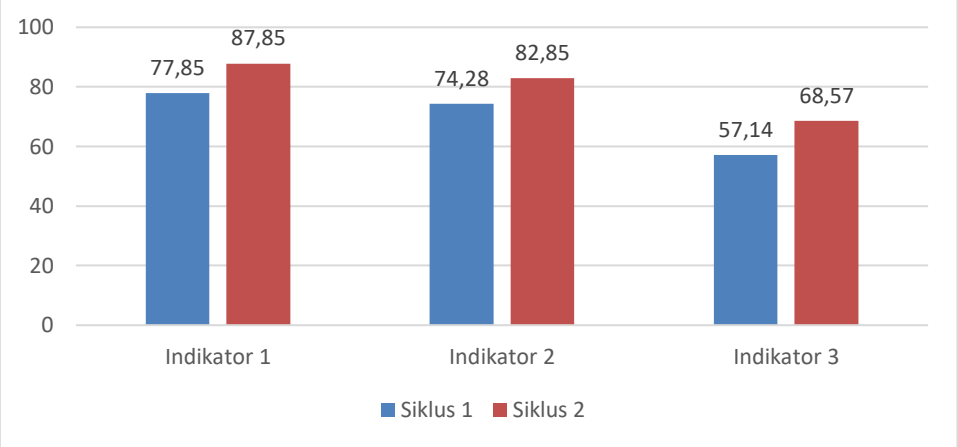
Temuan dari observasi pembelajaran menunjukkan bahwa guru telah berhasil menggunakan model pembelajaran proyek kolaboratif untuk meningkatkan metode pengajaran dan latihan pembelajaran. Menurut analisis data, keterampilan spasial peserta didik telah meningkat dan sekarang berada pada tingkat yang diharapkan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Kumalaretna & Mulyono (2017) yang menunjukkan bahwa 70% peserta didik menyelesaikan pembelajaran proyek secara klasikal dan model pembelajaran PjBL yang bersifat kolaboratif mampu meningkatkan keterampilan komunikasi matematika efektif, dibuktikan dengan meningkatnya penyelesaian baik secara individu maupun klasikal. Berikut perbandingan dari siklus I dengan siklus II :

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Tabel 1. Hasil Analisis Data pada Siklus I dan Siklus II

Aspek Kemampuan	Siklus I	Siklus II	Peningkatan
Indikator 1	77,85	87,85	10
Indikator 2	74,28	82,85	8,57
Indikator 3	57,14	68,57	11,43
Nilai Rata-rata kelas	64,04	79,76	15,72
Ketuntasan Klasikal	71	85,71	14,71
Observasi Guru	2,41	3,47	1,06
Observasi Peserta didik	1,92	3,18	1,26

Pada siklus I dan II, skor rata-rata yang diterima peserta didik secara tradisional pada indikator kemampuan komunikasi matematika meningkat. Dibawah ini deskripsi mengenai peningkatan kemampuan peserta didik dalam mengkomunikasikan ide-ide matematika terhadap setiap indicator pada siklus I dan siklus II:

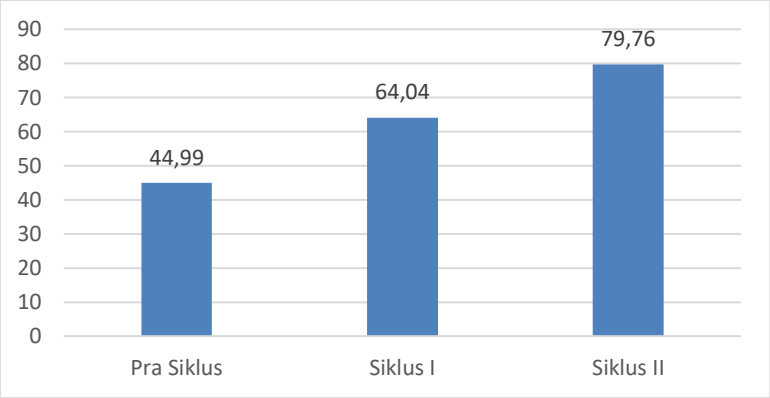


Gambar 2. Peningkatan Kemampuan Komunikasi Matematika Peserta Didik Setiap Indikator

Berdasarkan analisis hasil observasi siklus II disimpulkan telah terjadi perubahan yang cukup signifikan, meningkat, karena peserta didik menjadi lebih aktif dalam mengerjakan tugas proyek dan membuat proyek bersama dengan tim, memberikan ide-ide kreatifitas, dan peserta didik sudah mampu memaparkan hasil kerja dengan maksimal. Meningkatnya kemampuan komunikasi matematis dapat dilihat dari rata-rata N-Gain. Peningkatan nilai rata-rata N-Gain menunjukkan adanya efek penguatan kemampuan komunikasi matematis dari tes awal, siklus I, dan siklus II. Pada siklus I, nilai N-Gain sebesar 0,28 yang termasuk dalam kategori rendah. Namun, pada siklus II, nilai tersebut meningkat menjadi 0,38 yang termasuk dalam kategori sedang. Rata-rata kemampuan komunikasi matematis dari tes hasil awal, siklus I, dan siklus II dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 2. Hasil Rata-Rata Kemampuan Komunikasi Matematis Peserta Didik Tiap Tes

Rentang Skor	Tingkat Kemampuan	Tes Awal	Siklus I	Siklus II
90,00 ≤ P ≤ 100	Sangat tinggi	0	3	5
80,00 ≤ P < 90,00	Tinggi	2	5	14
65,00 ≤ P < 80,00	Sedang	3	9	14
55,00 ≤ P < 65,00	Rendah	3	7	2
P < 55,00	Sangat rendah	27	11	0
Rata-Rata Kemampuan Komunikasi Matematis		44,99	64,04	79,76
Persentase Peserta Didik dengan Tingkat Kemampuan Pemecahan Masalah Minimal Sedang		14,28%	42,85%	85,71%



Gambar 3. Rata-rata Kemampuan Komunikasi Matematis di Tiap Siklus

Bersumber pada kajian data yang telah dilakukan, didapatkan peneliti sudah berupaya menaikkan pengorganisasian pembelajaran dengan menerapkan model pembelajaran proyek kolaboratif. Hal ini didukung oleh data observasi yang menunjukkan bahwa kinerja guru dalam manajemen pembelajaran meningkat dari siklus I (2,41) ke siklus II (3,47). Aktivitas belajar peserta didik juga meningkat dari 1,92 pada siklus I menjadi 3,18 pada siklus II berdasarkan data observasi peneliti. Kemudian hasil belajar peserta didik mengalami peningkatan. Hal ini dibuktikan dengan nilai rata-rata kelas meningkat dari 64,04 pada siklus I menjadi 79,76 pada siklus II, dan persentase peserta didik yang tuntas mengerjakan tes meningkat dari 4 (11,42%) pada siklus I menjadi 25 (71,42%) pada siklus I dan 30 (85,71%) pada siklus II. Indicator keberhasilan setiap aspek penelitian telah tercapai dikarenakan hasil obserbasi kegiatan pembelajaran yang dilakukan peneliti termasuk dalam kategori sangat baik, keikutsertaan peserta didik dalam pembelajaran dalam kategori baik, dan ketuntasan pembelajaran individu dan ketuntasan klasikal telah tercapai.

Tujuan keberhasilan penelitian telah tercapai dengan persentase ketuntasan klasikal siklus II (85,71%), dimana lebih dari 85% peserta didik memperoleh nilai ≥70, sehingga penelitian tidak dilanjutkan ke siklus berikutnya. Dengan demikian, penggunaan model pembelajaran proyek kolaboratif dapat meningkatkan kemampuan peserta didik untuk mengkomunikasikan ide-ide matematika ketika mempelajari materi statistika di kelas X-E SMA Negeri 1 Batang Kuis, sesuai dengan hasil penilaian kemampuan komunikasi matematika peserta didik dan temuan dari pengamatan tentang bagaimana pembelajaran dilaksanakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil temuan dan analisis dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa kemampuan komunikasi matematis peserta didik dapat ditingkatkan melalui penggunaan pendekatan pembelajaran proyek kolaboratif yang didukung oleh media Canva. Peningkatan ketuntasan klasikal dan nilai rata-rata peserta didik pada setiap siklus yang dilaksanakan menjadi indikatornya. Peserta didik pada siklus I dan II memiliki tingkat ketuntasan klasikal masing-masing sebesar 71% dan 85,71%. Tingkat ketuntasan klasikal yang disyaratkan telah terpenuhi pada siklus II, karena nilai ketuntasan klasikal telah melampaui ambang batas 85%. Selain itu, rata-rata ketuntasan individu siswa juga meningkat secara berkala, yaitu 64,04 pada siklus I dan 79,76 pada siklus II. Kemampuan siswa dalam merepresentasikan matematika secara visual meningkat melalui pembelajaran proyek kolaboratif yang didukung oleh media Canva, selain ketuntasan klasikal dan individual, peserta didik juga dapat menyajikan ide matematis dalam bentuk yang lebih menarik, dalam membuat grafik dan diagram dengan menggunakan canva, meningkatkan kreativitas dan penyampaian ide matematis,

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

meningkatkan kolaborasi tim melalui pengerjaan proyek di canva yang memungkinkan peserta didik untuk bekerja bersama secara sinkron maupun asinkron. Peserta didik dapat berbagi tugas dalam merancang konten, memberi masukan, dan merevisi hasil secara kolaboratif. Proses pengerjaan proyek mengajarkan peserta didik untuk berpikir dan menyusun langkah-langkah penyelesaian secara sistematis sebelum menyampaikannya kepada orang lain, dan model ini mengakibatkan peserta didik lebih cenderung belajar dan terlibat dalam pembelajaran aktif ketika mereka berpartisipasi dalam percakapan dan presentasi..

Berikut ini adalah rekomendasi peneliti terkait penelitian yang telah diselesaikan: 1) Sebuah alternatif untuk memperkenalkan pengajaran matematika yang lebih bervariasi dan menarik adalah dengan menggunakan paradigma pembelajaran proyek kolaboratif untuk membantu peserta didik mengembangkan kemampuan komunikasi matematis mereka; 2) Agar peserta didik dapat lebih meningkatkan kemampuan belajar mereka dengan cara yang kreatif dan menyenangkan, serta memahami konsep, prinsip, dan pentingnya materi yang sedang dipelajari, kami menyarankan agar mereka dilatih dengan pembelajaran yang merangsang aktivitas aktif mereka. Peran guru adalah memfasilitasi proses pembelajaran; 3) Disarankan agar penelitian ini diperluas untuk menghasilkan hasil yang lebih baik di masa depan bagi para peneliti yang ingin menggunakan paradigma pembelajaran yang sama dengan penelitian ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada kepala sekolah, wakil kepala sekolah, dan guru matematika SMA Negeri 1 Batang Kuis atas bantuan dan kesempatan yang diberikan kepada peneliti untuk melakukan penelitian di sana, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan sebagaimana mestinya. Untuk melakukan dan menyusun temuan penelitian dengan benar, para peneliti juga menghargai para instruktur yang telah memberikan banyak nasihat.

DAFTAR PUSTAKA

Hasbi, M., Suri, M., & Kurniawati, S. (2023). Factors affecting the communication of mathematical ability for Junior High School students. *Journal of Education Science (JES)*, *9*(1), 7–16.

Kumalaretna, W. N. D., & Mulyono. (2017). Kemampuan Komunikasi Matematis Ditinjau dari Karakter Kolaborasi dalam Pembelajaran Project Based Learning (Pjbl). *Unnes Journal of Mathematics Education Research*, *6*(2), 195–205.

La'ia, H. T., & Harefa, D. (2021). Hubungan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis dengan Kemampuan Komunikasi Matematik Siswa. *Aksara: Jurnal Ilmu Pendidikan Nonformal*, *7*(2), 463. https://doi.org/10.37905/aksara.7.2.463-474.2021

Maudi, N. (2016). Implementasi Model Project Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa. *JPMI (Jurnal Pendidikan Matematika Indonesia)*, *1*(1), 39. https://doi.org/10.26737/jpmi.v1i1.81

Maulyda, M. A. (2020). *PARADIGMA PEMBELAJARAN MATEMATIKA BERBASIS NCTM* (Issue January). CV IRDH.

Purba, Y. A., & Harahap, A. (2022). Pemanfaatan Aplikasi Canva Sebagai Media Pembelajaran Matematika Di SMPN 1 NA IX-X Aek Kota Batu. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, *6*(2), 1325–1334. https://doi.org/10.31004/cendekia.v6i2.1335

Susanti, V. D., Lusiana, R. L., & Andari, T. (2019). Pengaruh Project Based Learning Berbasis Media Interaktif Terhadap Kemampuan Komunikasi Matematis Mahasiswa. *AKSIOMA:*

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika, *8*(3), 354. https://doi.org/10.24127/ajpm.v8i3.2203

Widana, I. W., & Septiari, K. L. (2021). Kemampuan Berpikir Kreatif dan Hasil Belajar Matematika Siswa Menggunakan Model Pembelajaran Project-Based Learning Berbasis Pendekatan STEM. *Jurnal Elemen*, *7*(1), 209–220. https://doi.org/10.29408/jel.v7i1.3031

Yolanda, D. D. (2020). *Pemahaman Konsep Matematika dengan Metode Discovery* (Guepedia/La (ed.)). GUEPEDIA. https://books.google.co.id/books/about/PEMAHAMAN_KONSEP_MATEMATIKA_DENGAN_METOD.html?id=mgVMEAAAQBAJ&redir_esc=y

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Implementasi Pembelajaran Kooperatif Tipe TGT Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Siswa SMP Islam Al-Fadhli

T. Adinda Maharani Cindey[1*], Hasratuddin[2]
[1,2]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author: tadindamc@gmail.com*

Abstrak, penelitian ini dilatarbelakangi oleh rendahnya hasil belajar matematika murid berdasarkan nilai ujian semester genap tahun ajaran 2023/2024, sehingga diperlukan evaluasi dan perbaikan metode pembelajaran. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan peningkatan hasil belajar matematika murid kelas VII-1 SMP Islam Al-Fadhli melalui metode pembelajaran kooperatif tipe TGT. Metode yang digunakan adalah Penelitian Tindakan Kelas model Kemmis & McTaggart, dengan subjek penelitian sebanyak 20 murid. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode TGT efektif meningkatkan hasil belajar murid, dengan nilai rata-rata kelas meningkat dari 70,4 (kesuksesan 50%) pada tahap I menjadi 85,9 (kesuksesan 85%) pada tahap II. Observasi pelaksanaan pembelajaran juga mengalami peningkatan dari kategori "Baik" dengan nilai 81,9 pada tahap I menjadi "Sangat Baik" dengan nilai 89,8 pada tahap II. Kesimpulannya, metode TGT efektif dalam meningkatkan hasil belajar matematika, sehingga disarankan agar guru lebih sering menerapkannya dan murid lebih aktif berpartisipasi.
Kata kunci: *Pelajaran Kooperatif, TGT, Hasil belajar, Matematika, Penelitian Tindakan Kelas*

Abstract, *this study was motivated by the low mathematics learning outcomes of students, as reflected in the final semester exam scores for the 2023/2024 academic year, highlighting the need for evaluation and improvement of teaching methods. The study aims to describe the improvement in mathematics learning outcomes of seventh-grade students (VII-1) at SMP Islam Al-Fadhli through the implementation of the cooperative learning method, Team Games Tournament (TGT). The research employed Classroom Action Research using the Kemmis & McTaggart model, involving 20 students as subjects. The findings indicate that the TGT method effectively enhances students' learning outcomes, with the average class score increasing from 70.4 (50% success rate) in the first cycle to 85.9 (85% success rate) in the second cycle. Additionally, observations of the learning process showed improvement from the "Good" category with a score of 81.9 in the first cycle to "Very Good" with a score of 89.8 in the second cycle. In conclusion, the TGT method is effective in improving students' mathematics learning outcomes. Therefore, it is recommended that teachers apply this method more frequently and encourage students to participate actively.*
Keywords*: Cooperative Learn, TGT, Learn Outcomes, Mathematics, Classroom Action Research*

Citation : Cindey, T. A. M., & Hasratuddin. (2024). Implementasi Pembelajaran Kooperatif Tipe TGT Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Siswa SMP Islam Al-Fadhli. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 611 – 620

PENDAHULUAN

Pendidikan ialah hak bagi individu untuk berkembang melalui jalur formal, informal, dan nonformal. Proses pendidikan bertujuan untuk menciptakan pelajaran yang bisa membuat peserta didik meningkatkan berbagai potensi, baik dari segi spiritual, kecerdasan, kepribadian, ataupun keterampilan yang berguna untuk kehidupan masyarakat dan bernegara (Pemerintah Republik Indonesia, UUD No 20 tahun 2003). Matematika ialah mata pelajaran inti yang berperan perlu dalam mengembangkan keterampilan berpikir logis, analitis, dan kritis. Namun, pemikiran murid yang

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

berpikir bahwa matematika sulit dan membosankan masih menjadi kendala dalam pendidikan matematika di Indonesia, yang berpengaruh pada kurangnya partisipasi dan hasil belajar murid.

Hasil pengamatan di lapangan mengatakan bahwa banyak murid merasa matematika ialah pelajaran yang kompleks dan kurang menarik, yang berujung dengan rendahnya pencapaian akademis mereka. Berdasarkan hasil wawancara dengan pendidik, ditemukan bahwa pendekatan pelajaran yang dipakai selama ini didominasi oleh metode pelajaran konvensional yang kurang bervariasi, yang menyebabkan murid pasif dan kurang terlibat aktif pada pelajaran. Pada hasil ujian semester genap tahun ajaran 2023/2024, rataan skor matematika murid hanya mencapai 24, jauh di bawah KKM yaitu 78, dengan tidak adanya murid yang memperoleh KKM. Hal ini mengatakan perlunya evaluasi dan perubahan pada pelajaran matematika.

Dalam menghadapi tantangan ini, diperlukan suatu upaya untuk perbaikan dalam kegiatan belajar. Dibutuhkan metode pelajaran inovatif serta bisa melibatkan keaktifan murid maka pelajaran tidak monoton. Salah satu yang dapat dipakai ialah pembelajaran kooperatif tipe *Teams Games Tournament* (TGT). Metode ini memotivasi murid untuk memakai keterampilan berpikir kritis serta mencari informasi, bukan hanya berasal dari pendidik, namun sambil bekerja sama dengan teman. Selain itu, metode ini meningkatkan keterampilan komunikasi verbal murid dan memberikan harapan bagi mereka untuk membandingkan ide mereka dengan orang lain, serta menekankan saling menghormati dan menerima perbedaan. Dengan TGT, murid diajak untuk berperilaku bertanggung jawab saat belajar, yang pada akhirnya meningkatkan kinerja akademik dan keterampilan sosial mereka, termasuk kepercayaan diri, keterampilan interpersonal, manajemen waktu, dan perspektif positif tentang pelajaran. Pendekatan ini menciptakan lingkungan grup yang sehat, di mana murid berkompetisi dan mendorong semangat belajar yang positif. Dengan memakai metode ini, murid diharapkan mengembangkan keterampilan berkolaborasi yang lebih baik, terlibat lebih aktif dalam pelajaran, dan memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang materi pelajaran, maka meningkatkan hasil belajar mereka.

Riset-riset sebelumnya mengatakan bahwa pelajaran kooperatif tipe TGT, bisa meningkatkan hasil belajar dan keterlibatan murid dalam pelajaran matematika. Metode ini ialah metode pelajaran yang bisa membuat murid untuk membangun pengetahuannya secara aktif dan berani mengemukakan ide pengetahuan mereka, belajar untuk menyelesaikan masalah, dan mendiskusikan berbagai permasalahan dalam pelajaran melalui permainan dengan orang lain didalam tim untuk memperoleh hasil untuk timnya (Dewiyanti & Mamanda, 2018). Riset oleh STKIP KIE RAHA (2022) mengungkapkan bahwa pemakaian TGT meningkatkan skor rataan murid pada materi angka bulat dari 46,2 menjadi 79,85. Riset lain oleh Institusi Teknologi dan Bisnis Asia (2022) juga mengatakan peningkatan hasil belajar dari skor pretest 59,23 menjadi posttest 83,87 setelah memakai TGT. Di Bangladesh, pemakaian TGT terbukti meningkatkan hasil belajar murid secara signifikan dan mengubah sikap murid pada matematika menjadi lebih positif. Studi oleh SDK Scriptura Bengel di Indonesia menemukan bahwa TGT efektif meningkatkan hasil belajar dalam materi KPK (Scriptura Bengel, 2023).

Berdasarkan hal itu, diperoleh rumusan masalah yaitu "Bagaimana peningkatan hasil belajar matematika murid melalui pemakaian metode pelajaran kooperatif tipe TGT di SMP Islam Al-Fadhli?" dan "Bagaimana kesuksesan hasil belajar matematika murid SMP Islam Al-Fadhli setelah menerapkan metode pelajaran kooperatif tipe TGT?". Berdasarkan rumusan masalah, diperoleh tujuan penelitian yaitu untuk mendeskripsikan peningkatan hasil belajar matematika murid melalui pemakaian metode pelajaran kooperatif tipe TGT di SMP Islam Al-Fadhli dan untuk meningkatkan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

kesuksesan hasil belajar matematika murid di SMP Islam Al-Fadhli mencapai tuntas klasikal setelah menerapkan metode pelajaran kooperatif tipe TGT.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini ialah penelitian Tindakan Kelas. Subjeknya ialah murid kelas VII-I SMP Islam Al-Fadhli. Adapun objek penelitian ialah hasil belajar matematika murid kelas VII SMP Islam Al-Fadhli melalui pemakaian pembelajaran kooperatif tipe TGT. Riset ini akan mengembangkan metode Kemmis & Mc Taggart yang terdiri dari empat komponen yaitu perencanaan (planning), tindakan (acting), pengamatan (observing), dan refleksi (reflecting). Teknik pengumpulan data ialah tes dan observasi. Tes yang dipakai ialah tes hasil belajar. Bentuk tes ialah instrumen uraian. Dan penulis memakai pengumpulan data yaitu teknik observasi secara partisipatif. Pada riset ini, terdapat dua instrumen utama, yaitu instrumen pelajaran (modul ajar & dokumentasi) serta instrumen pengumpulan data (lembar evaluasi & lembar observasi).

Analisis data dalam riset ini ialah analisis deskriptif kuantitatif secara persentase pada data yang diperoleh dari evaluasi yang dikerjakan murid. Analisis data dapat dlakukan dalam beberapa tahap yang diawali dengan reduksi data. Data yang diperoleh dari Tes hasil belajar untuk mengevaluasi sejauh mana murid menguasai materi, menurut Nurkancana (Maisyaroh, 2008:21), kritetia tingkat penguasaan, sangat tinggi (90%-100%), tinggi (80%-89%), sedang (65%-79%), rendah (55%-64%), dan sangat rendah (0%-54%). Kemudian untuk menentukan apakah murid telah mencapai tingkat kesuksesan belajar (secara individu) mengikuti persamaan (1) (Trianto, 2009:241), dimana KB = kesuksesan Belajar, T= jumlah hasil yang diperolh, dan T_1 = jumlah hasil

$$KB = \frac{T}{T_1} x\ 100\% \quad (1)$$

Setiap murid dianggap telah berhasil belajar (secara individu) jika jawaban benarnya telah memenuhi skor KKM yaitu ≥ 78. Untuk melihat adanya peningkatan maka akan dihitung dengan cara membandingkan rataan perolehan skor dari tes hasil belajar I dan rataan perolehan skor dari tes hasil belajar II.

Selanjutnya, untuk menentukan apakah tingkat kesuksesan belajar secara klasikal telah tercapai dengan melihat persentase murid yang telah mencapai kesuksesan belajar.

$$\text{PKK} = \frac{\text{banyak siswa yang KB} \geq 78}{\text{banyak subjek penelitian}} \text{x } 100\% \quad (2)$$

Jika di kelas telah mencapai 85% murid yang memiliki presentase penilaian hasil ≥78, maka dapat dikatakan bahwa kesuksesan belajar secara klasikal telah tercapai.

Untuk instrumen observasi, ada dua aspek penilaian pada hasil observasi, yaitu penilaian pada aktivitas pendidik dan kinerja diskusi murid dihitung menggunakan persamaan (3).

$$\text{N} = \frac{\text{skor yang diperoleh}}{\text{skor keseluruhan}} \text{ x } 100\% \quad (3)$$

Kriteria penilaian observasi terdiri dari lima kategori: Sangat Baik (85-100), Baik (75-84), Cukup (65-74), Kurang (55-64), dan Sangat Kurang (0-54).

Miles dan Huberman (2012) menggambarkan penyajian data sebagai sekumpulan informasi yang disusun dengan cara yang memungkinkan untuk membuat kesimpulan dan mengambil tindakan. Penulis akan lebih mudah memahami proses dan tindakan dengan melihat presentasi data ini maka dapat menarik kesimpulan dengan mudah. Kemudian tahapan selanjutnya adalah menarik kesimpulan dimana, indikator ketuntasan disusun berdasarkan tujuan penelitian sebagai berikut; (a) terdapat peningkatan hasil belajar matematika murid melalui pemakaian metode pembelajaran

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

kooperatif tipe TGT; dan (b) asil belajar murid mengatakan peningkatan yang signifikan dengan tercapainya kesuksesan klasikal, dengan setidaknya 85% murid di kelas mendapatkan skor yang lebih baik.

Peneliti mengadakan diskusi dengan pendidik bidang studi mengenai pembagian grup belajar untuk kegiatan penelitian. Berdasarkan hasil diskusi tersebut, ditentukan bahwa murid akan dibagi empat grup, dimana setiap grup terdiri atas lima murid yang heterogen. Pengelompokan ini dibuat berdasarkan keterampilan murid dalam mata pelajaran matematika, maka setiap grup mencakup berbagai tingkat keterampilan. Setiap anggota grup diberi nomor urut 1 hingga 5, di mana murid dengan nomor 1 memiliki pemahaman tertinggi dalam matematika, sedangkan murid dengan nomor 5 mengatakan keterampilan yang lebih perlu ditingkatkan.

Peneliti bertindak sebagai pendidik yang memakai metode pembelajaran kooperatif tipe TGT sesuai dengan Modul Ajar. Kegiatan Pelajaran di awali dengan peneliti sebagai pendidik menyampaikan salam dan menyapa para murid. Setelah itu, pendidik menuturkan tujuan pelajaran dan pertanyaan pemantik. Kemudian, pendidik menyampaikan materi tentang bilangan bulat di depan kelas memakai instruksi langsung. Setelah selesai menjelaskan materi utama, pendidik memberikan penjelasan singkat mengenai LKS yang akan dikerjakan dalam grup nantinya. Setelah diskusi selesai setiap perwakilan grup menyajikan hasil LKS di depan kelas. Setelah sesi diskusi grup selesai, pendidik melanjutkan pelajaran dengan permainan "Benar atau Salah" untuk menguji pemahaman murid pada materi bilangan bulat yang telah dipelajari. Pendidik membagikan kertas bertulisan Benar dan Salah kepada setiap grup. Pendidik menjelaskan aturan permainan: pendidik akan memberikan beberapa pernyataan atau persamaan terkait angka bulat, dan tugas murid ialah membuktikan apakah pernyataan tersebut benar atau salah. Setiap grup diberi waktu untuk berdiskusi dan membuktikan pernyataan yang diberikan.

Guru memulai sesi pertandingan dengan menyiapkan kartu bernomor yang berisi pertanyaan-pertanyaan terkait materi pelajaran, lembaran instrumen, dan kunci jawaban. Semua alat ini dirancang untuk menguji pemahaman murid secara menyenangkan dan kompetitif. Di depan kelas, pendidik mulai membentuk meja-meja game turnamen, tempat di mana setiap grup akan berlomba untuk menjawab pertanyaan dengan benar. Ketika semua sudah siap, pendidik memanggil peserta pertama, yaitu murid bernomor 1 dari setiap grup. Mereka maju ke meja turnamen, siap untuk memulai permainan. pendidik kemudian membagikan kartu bernomor yang berisi pertanyaan dan lembaran instrumen, bersama dengan kunci jawaban kepada masing-masing peserta. pendidik meminta perwakilan murid dari grup turnamen untuk membacakan instrumen dengan lantang kepada peserta lainnya. Permainan dimulai, dan pendidik membimbing murid sepanjang sesi dengan batas waktu yang telah ditentukan. Setiap peserta mencoba menjawab pertanyaan dengan cepat dan benar. pendidik memberi hasil untuk grup yang berhasil menjawab instrumen dengan tepat, mendorong semangat kompetitif di antara murid. Setelah instrumen dijawab, pendidik memanggil peserta berikutnya berdasarkan nomor mereka, dan permainan berlanjut sampai waktu yang ditentukan telah habis. Setelah pertandingan selesai, pendidik mulai menghitung hasil yang diperoleh oleh setiap grup selama permainan turnamen. Setelah Games dan Tournament dilaksanakan, maka di peroleh grup dengan perolehan hasil tertinggi dan terbaik. Setelah turnamen berakhir, pendidik memulai sesi penutup dengan mereview inti materi yang telah dipelajari selama pelajaran hari itu. pendidik menjelaskan kembali konsep-konsep utama tentang angka bulat, menyajikan ringkasan dari topik yang telah dibahas, dan mengingatkan murid tentang poin-poin perlu yang perlu diingat. Selanjutnya,

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pendidik dan murid melakukan refleksi mengenai kelebihan dan kekurangan dari proses pelajaran. Kemudian, pendidik memberikan tes hasil belajar untuk dikerjakan secara individu.

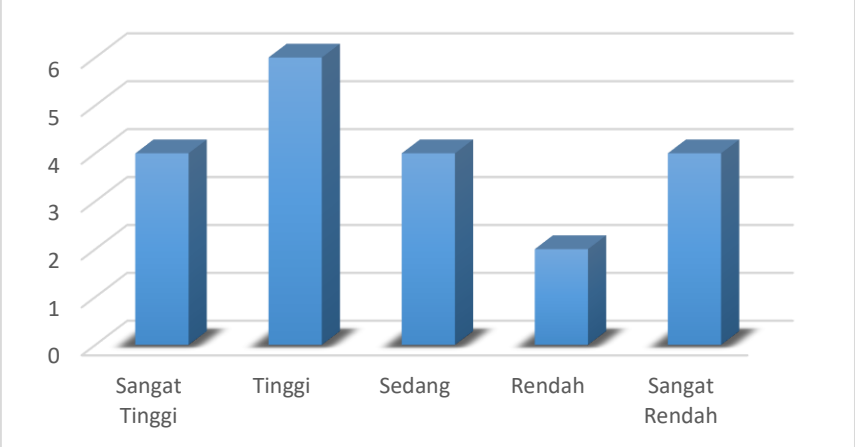
HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk melihat tingkat pemahaman murid setelah pelaksanaan pelajaran pada tahap I, Tabel 1. menyajikan data hasil belajar murid. Dalam tahap I, pelajaran melibatkan berbagai aktivitas untuk meningkatkan pemahaman dan keterlibatan murid. Kegiatan pelajaran terdiri atas presentasi kelas yang dipimpin oleh pendidik, diikuti dengan kerja grup yang memungkinkan murid berdiskusi dan saling membantu memahami materi. Selanjutnya, diadakan *games* dan *tournament* untuk meningkatkan semangat kompetisi dan kolaborasi antar murid, di mana grup-grup yang berhasil diberikan penghargaan. Setelah rangkaian aktivitas tersebut, murid diberikan tes hasil belajar, dan hasilnya tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Belajar Setiap Siklus

Kode Siswa	Siklus I					Siklus II				
	Instrumen			Total Hasil	Kesuksesan (%)	Instrumen			Total hasil	Kesuksesan (%)
	1	2	3			1	2	3		
S01	3	2	3	8	66%	4	3	3	10	83%
S02	4	3	3	10	83%	4	3	3	10	83%
S03	3	2	2	7	58%	3	3	4	10	83%
S04	4	3	3	10	83%	4	4	3	11	91%
S05	4	3	4	11	91%	4	4	4	12	100%
S06	3	1	1	5	41%	3	2	3	8	66%
S07	3	3	2	8	66%	4	3	3	10	83%
S08	3	2	2	7	58%	3	3	4	10	83%
S09	3	3	4	10	83%	3	4	4	11	91%
S10	4	4	4	12	100%	4	4	4	12	100%
S11	3	4	3	10	83%	4	3	3	10	83%
S12	4	3	4	11	91%	4	4	4	12	100%
S13	2	2	0	4	33%	3	3	2	8	66%
S14	4	2	4	10	83%	4	4	3	11	91%
S15	4	3	2	9	75%	3	4	3	10	83%
S16	4	3	3	10	83%	4	3	4	11	91%
S17	4	3	4	11	91%	4	4	4	12	100%
S18	4	1	0	5	41%	4	3	3	10	83%
S19	4	0	0	4	33%	4	3	2	9	75%
S20	3	3	2	8	66%	3	3	4	10	83%

Diagram berikut mengatakan frekuensi tingkat keterampilan murid pada tahap I. Diagram ini membantu untuk menganalisis distribusi pemahaman murid berdasarkan hasil belajar yang diperoleh.



Gambar 1. Diagram Frekuensi Berdasarkan Tingkat Keterampilan Murid I

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Distribusi kesuksesan belajar pada tahap I disajikan untuk mengidentifikasi persentase murid yang mencapai atau tidak mencapai KKM. Setelah melaksanakan refleksi pada tahap I, berbagai masalah yang ada ialah sebagai berikut; (1) 50% murid masih tidak mencapai skor KKM; (2) hasil ujian murid gagal mencapai KKM, hanya mencapai kesuksesan klasikal di 50% (tingkat kesuksesan klasikal minimal 85%); (3) murid kurang kondusif dalam pelajaran maka mereka tidak memahami konsep belajar matematika; (4) murid kurang percaya diri pada keterampilannya dalam menyelesaikan perinstrumenan maka perolehan skor tes hasil belajar I belum maksimal; (5) beberapa murid masih kurang aktif dan tidak terlibat dalam diskusi grup belajar; (6) kurangnya pengalokasian waktu oleh pendidik karena murid baru pertama kali diajarkan dengan metode pelajaran TGT ini, dan banyak murid masih bingung dengan langkah-langkahnya. Penyebab tambahan ialah banyaknya waktu yang dibutuhkan untuk membentuk grup dikarenakan murid harus berpindah tempat duduk.

Pada tahap II (Tabel 1), pelajaran dilanjutkan dengan berbagai perbaikan. Peneliti berdiskusi dengan pendidik bidang studi tentang cara memperbaiki keterampilan mengajar sesuai skenario pelajaran. Kemudian, peneliti mengorganisir kembali grup diskusi dari grup pada tahap I, salah satunya berdasarkan hasil dari Tes Hasil Belajar I. Untuk membantu murid tetap fokus selama pelajaran, peneliti menyiapkan ice breaking dan hadiah terbaik untuk pemenang tim.

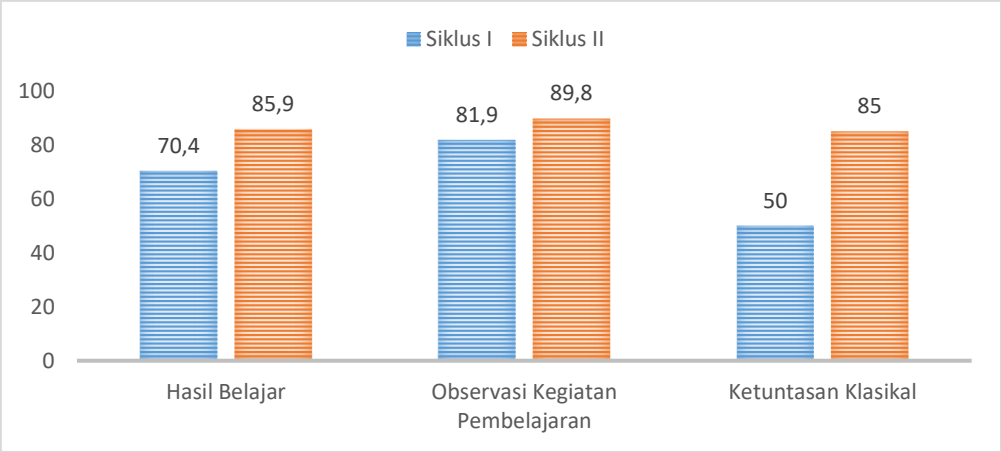
Diagram frekuensi pada tahap II mengatakan tingkat keterampilan murid setelah perbaikan metode pelajaran. Diagram ini dipakai untuk melihat perubahan dalam distribusi tingkat keterampilan murid setelah tahap I. Jumlah siswa dengan tingkat keterampilan sangat tinggi (8 Siswa), tingkat keterampulan tinggi (9 siswa), tingkat keterampilan sedang (3 siswa), dan tingkat keterampilan rendah dan sangat rendah tidak ada. Distribusi kesuksesan belajar pada tahap II memberikan informasi mengenai persentase murid yang berhasil mencapai kriteria kesuksesan minimal. Jumlah siswa yang tuntas sebanyak 17 siswa (85%). Dari berbagai riset oleh civitas akademis, terutama dalam bidang matematika, seperti yang dibuat Noviyanti Nabila dan Jufri Ade dengan judul jurnal "Pemakaian Metode Pembelajaran Kooperatif Tipe *Teams Game Tournament* (Tgt) Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Murid Pada Materi Angka Bulat". Terlihat bahwa metode pelajaran kooperatif tipe TGT bisa meningkatkan hasil belajar murid kelas VII SMP Negeri 3 Halmahera Tengah materi Angka Bulat 2022. Pada tahap I skor rataannya berada di 46,2 dengan kesuksesan klasikal di 47%, sedangkan pada tahap II meningkat menjadi 79,85 dimana kesuksesan klasikal di 80%.

Kemudian riset yang dibuat oleh Lilis Widayanti dan Widya Adhariyanti Rhayu yang berjudul "*The Effectiveness of Teams Games Tournament in Bilingual Mathematics Learn Againts Activities and Learn Outcome*." Mengatakan bahwa terjadi peningkatan hasil tes belajar yaitu dari 59,23 meningkat menjadi 83,87. Selain itu, ada juga riset oleh Thofan Rame, dkk yang berjudul "*Application of Cooperative Learn Metode Teams Games Tournament to Improve Mathematics Learn Outcomes in Grade VI Learners of SDK Scriptura Bengel, Beo District, Talaud Islands Regency*". Hasil riset dan pembahasan mengatakan bahwa pemakaian pelajaran kooperatif metode TGT bisa meningkatkan hasil belajar matematika dari tahap I ke tahap II. Rataan pencapaian kesuksesan klasikal setiap tahapan pada mata pelajaran mengatakan kriteria ketuntasan yang diharapkan telah tercapai karena >70. skor tertinggi diperoleh murid pada ulangan akhir. Tahap I dan Tahap II sebesar 100 dan skor terendah sebesar 64. Sedangkan skor rataan diperoleh hasil tes akhir Tahap I dan Tahap II sebesar 87,75%.

Di samping itu, Hasil riset dari jurnal yang berjudul "*Effects of using Teams Games Tournaments (TGT) Cooperative Technique for Learn Mathematics in Secondary Schools of*

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Bangladesh" mengatakan grup murid yang mengikuti metode TGT sebagai eksperimen telah mendapatkan hasil belajar signifikan jika dibandingkan dengan grup kontrol yang mengikuti pendekatan ceramah. Berdasarkan hasil riset ini, tampak adanya peningkatan hal hasil belajar. Pada riset ini juga tercatat adanya peningkatan, baik dalam hal hasil belajar maupun hasil observasi pada aktivitas pelajaran. Rincian lebih lengkap mengenai hasil tersebut disajikan pada gambar 2.



Gambar 2. Persentase Peningkatan Hasil Belajar & Penilaian Pengamatan Pelaksanaan Pelajaran

Peningkatan hasil belajar murid dalam riset ini selaras dengan teori Vygotsky dan Piaget yang keduanya menekankan peran perlu interaksi sosial dan pengalaman belajar aktif dalam perkembangan kognitif. Metode pembelajaran kooperatif tipe TGT menggabungkan kedua pendekatan ini dengan cara yang mendukung peningkatan pemahaman dan keterampilan murid. Menurut Vygotsky, perkembangan kognitif anak dipengaruhi oleh interaksi sosial yang memungkinkan mereka mencapai Zona Perkembangan Proksimal (ZPD) melalui bantuan teman sebaya atau orang yang lebih kompeten. Di sisi lain, teori konstruktivistik Piaget mengatakan bahwa pengetahuan dibangun dari pengalaman langsung dan penemuan sendiri, melalui proses asimilasi dan akomodasi informasi baru ke dalam skema pengetahuan yang ada dalam metode TGT, murid dibagi ke dalam grup kecil yang terdiri dari berbagai tingkat keterampilan, menciptakan lingkungan di mana murid dapat membantu satu sama lain mencapai ZPD mereka melalui diskusi grup dan aktivitas *Games* serta *Tournament*.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Belajar dan Observasi Pelajaran Setiap Siklus

	Siklus I	**Siklus II**
Hasil Belajar	Tahap I memiliki skor rataan kelas 70,4 dan persentase kesuksesan klasikal hanya 50%, dimana hanya 10 dari 20 murid yang mencapai skor KKM yaitu lebih besar atau sama dengan 78.	Tahap II memiliki skor rataan kelas 85,9 dan persentase kesuksesan klasikal sudah mencapai 85%, dimana terdapat 17 dari 20 murid yang mencapai skor KKM yaitu lebih besar atau sama dengan 78.
Hasil Observasi Kegiatan Pelaksanaan Pembelajaran	Hasil akhir pengamatan dari penilaian pelaksanaan kegiatan yang dibuat oleh pendidik ialah 83,3 (Kategori Baik) dan hasil akhir pengamatan dari penilaian pelaksanaan aktivitas murid ialah 80,5 (Kategori Baik). Dalam tahap ini diperoleh bahwa skor rataan hasil observasi kegiatan pelaksanaan pembelajaran di kelas ialah 81,9 dengan kategori Baik. Pembelajaran memakai metode pelajaran kooperatif TGT pada tahap I berjalan dengan baik, namun masih perlu adanya perbaikan	Hasil akhir pengamatan dari penilaian pelaksanaan kegiatan yang dibuat oleh pendidik ialah 91,6 (Kategori Sangat Baik) dan hasil akhir pengamatan dari penilaian pelaksanaan aktivitas murid ialah 88,8 (Kategori Sangat Baik). Maka rataan dari kegiatan penilaian pelaksanaan pelajaran pada tahap II ini ialah 89,8 dengan kategori sangat baik. Pembelajaran memakai metode pembelajaran kooperatif tipe TGT pada tahap II ini berjalan dengan sangat baik.

Dalam grup, murid yang lebih bisa memberikan dukungan kepada murid yang lebih rendah keterampilannya, membantu mereka memahami materi lebih baik dan memungkinkan terjadinya

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

proses asimilasi dan akomodasi. Vygotsky menyatakan bahwa interaksi ini mengembangkan keterampilan kognitif dan memfasilitasi pencapaian potensi belajar setiap individu. Hal ini terlihat dari data peningkatan hasil belajar. Selain itu, interaksi yang terjadi dalam grup TGT tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual murid tetapi juga mendorong konflik kognitif yang menurut Piaget sangat perlu untuk pelajaran bermakna. Dalam teori Piaget, konflik kognitif yang muncul dari perbedaan pandangan atau pemahaman di antara murid berperan sebagai stimulus bagi perkembangan intelektual. Saat murid berkolaborasi dalam grup, mereka harus mengintegrasikan pengetahuan yang sudah mereka miliki dengan informasi baru, yang membantu mereka menyusun pemahaman yang lebih mendalam. Di sinilah proses asimilasi dan akomodasi terjadi, memungkinkan murid untuk membangun pengetahuan yang lebih kuat dan mendalam. Dengan demikian, TGT menciptakan lingkungan belajar yang mendukung konsep-konsep dari teori Vygotsky dan Piaget secara bersamaan. Melalui pengalaman belajar aktif dalam grup, *Games* dan *Tournament*, murid tidak hanya meningkatkan pemahaman materi tetapi juga mengembangkan keterampilan sosial dan emosional. Hasil ini mengatakan bahwa TGT memfasilitasi proses belajar yang interaktif, kolaboratif, dan kognitif, di mana murid berperan sebagai pembelajar aktif yang membangun pengetahuan mereka dengan bantuan teman segrup.

Namun, riset ini juga menghadapi beberapa kendala yang perlu diperhatikan yaitu; (1) perbedaan keterampilan dan minat belajar murid yang cukup beragam, maka mengatur grup heterogen dalam metode TGT memerlukan waktu dan usaha lebih untuk memastikan setiap grup memiliki komposisi yang seimbang; (2) keterbatasan waktu di setiap tahap menjadi tantangan tersendiri, terutama dalam fase permainan dan turnamen yang membutuhkan alokasi waktu cukup agar setiap murid dapat berpartisipasi secara optimal; (3) tahap I, suasana belajar kurang kondusif, maka untuk mengatasinya, peneliti membuat peraturan tambahan berupa pengurangan poin bagi murid yang tidak mengikuti aturan. Selain itu, murid juga kurang antusias, maka peneliti membawa hadiah di tahap selanjutnya untuk meningkatkan motivasi murid; (4) kesulitan mengawasi dan membimbing semua grup secara bersamaan, terutama saat murid bekerja sama dan berkompetisi; (5) beberapa murid memerlukan motivasi tambahan untuk terlibat aktif dalam permainan, karena mereka mungkin merasa enggan atau kurang percaya diri ketika bekerja dalam grup.

Untuk peneliti selanjutnya yang tertarik untuk melakukan riset serupa, disarankan bisa mengelola kelas dan mengembangkan riset lebih lanjut. Dalam hal mengelola kelas, ada kalanya kita perlu menambah semangat belajar murid dengan melakukan Ice Breaking dan memberikan apresiasi dalam bentuk hadiah. Untuk pemakaian metode pembelajaraan ini, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, seperti alokasi waktu yang baik dan kesuksesan belajar murid baik secara individu maupun secara klasikal.

KESIMPULAN

Pemakaian metode pembelajaran kooperatif tipe TGT terbukti efektif dalam peningkatan hasil pelajaran matematika murid kelas VII-1 SMP Islam Al-Fadhli. Hasil tes menunjukkan peningkatan signifikan dalam hasil belajar murid dari tahap I ke tahap II. Pada tahap I, hanya 50% murid yang mencapai hasil pelajaran yang memuaskan, sedangkan pada tahap II, jumlah tersebut meningkat menjadi 85%. Selain itu, skor terendah dan tertinggi juga menunjukkan peningkatannya yang signifikan. Pada tahap II, 17 murid berhasil mencapai hasil belajar yang memuaskan, meningkat dari 10 murid pada tahap I. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa metode pelajaran kooperatif tipe TGT dapat meningkatkan hasil belajar perhitungan murid secara signifikan. Hal ini menunjukkan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

bahwa metode ini dapat membantu murid memahami konsep matematika dengan lebih baik dan meningkatkan kemampuan mereka dalam mengerjakan perhitungan. Oleh karena itu, disarankan agar metode pelajaran kooperatif tipe TGT dapat dipakai secara lebih luas dalam proses pelajaran perhitungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya maka penulisan karya ilmiah ini dapat terelesaikan dengan baik. Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua tercinta atas segala doa, dukungan, dan kasih sayang yang tiada henti. Terima kasih juga saya sampaikan kepada Pak Prof. Dr. Hasratuddin, M.Pd. selaku dosen pembimbing yang membimbing dan memberikan masukan berharga dalam setiap tahap penulisan. Ucapan terima kasih saya haturkan kepada Pak Prof. Dr. Edi Syahputra, M.Pd., Pak Drs. Wingston Leonard Sihombing, M.Pd., dan Ibu Glory Indira D. Purba, S.Si., M.Pd yang telah memberikan koreksi dan saran yang sangat berarti dalam penyempurnaan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

Adiputra, D. K., & Heryadi, Y. (2021). Meningkatkan Hasil Belajar Murid Melalui Metode Pelajaran Kooperatif Tipe TGT (Teams Games Tournament) Pada Mata Pelajaran Ipa Di Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah PGSD, 5*(2), 104-112.

Armin, R., & Astuti. (2021). Pengaruh Metode Pelajaran Kooperatif tipe Teams Games Tournament (TGT) Pada Motivasi Belajar Matematika Murid Kelas IV SD Negeri 12 GU. *Jurnal Akademik Pendidikan Matematika, 7*(2), 178-183.

Handayani, S. (2022). Pengaruh Metode Pelajaran Kooperatif Tipe Teams Games Tournament (TGT) Pada Motivasi Belajar Matematika Murid Kelas IV Mi The Noor. *Jurnal Studi Kemahamuridan, 2*(2), 100-107.

Hasibuan, M. Y., Ritonga, T., & Nurbaiti. (2021). Peningkatan Hasil Belajar Matematika Materi Bangun Datar Melalui Pemakaian Metode Pelajaran Kooperatif Tipe TGT. *Jurnal Pendidikan Dasar, 1*(2), 1-4.

Hendra, Y., & Rahayu, T. (2020). The Effectiveness Of Teams Games Tournament (TGT) Learn Metode And Make A Match Against Collaboration Ability On Science Content At Fifth Grade Elementary School-Meta Analysis. *International Journal of Elementary Education. , 4*(4), 510-518.

Herawati, E. L. (2022). Menerapkan Metode Pelajaran Kooperatif Tipe Teams Games Tournaments (TGT) Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Murid Kelas VIII SMP S. Islamiyah Hessa Air Genting Tahun Pelajaran 2019/2020. *Jurnal Riset, Pendidikan dan Pengajaran, 3*(2), 117-125.

Moningka, N. C., Salajang, S. M., & Sulistyaningsih, M. (2022). Pengaruh Metode Pelajaran Kooperatif Tipe TGT Pada Hasil Belajar Murid Pada Materi Bentuk Aljabar. *SOSHUMDIK, 1*(4), 1-11.

Mu'alimin, & Cahyadi, R. A. (2014). Riset Tindakan Kelas. In *Riset Tindakan Kelas Teori Dan Praktik* (pp. 5-16). Pasuruan: Ganding Pustaka.

Mukminah, Fitriani, E., Mahsup, & Syaharuddin. (2020). Efektifitas Metode Pelajaran Kooperatif Tipe Teams Games Tournament Untuk Meningkatkan Hasil Belajar. *Jurnal Sains Dan Teknologi, 2*(2), 1-5.

Nabila, N., & Ade, J. (2022). Pemakaian Metode Pelajaran Kooperatif Tipe Teams Game Tournament (TGT) Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Murid Pada Materi Angka Bulat. *Jurnal Ilmiah Matematika , 3*(1), 17-26.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Nurjanah, S., & Arifin, F. (2022). Metode Pelajaran Kooperatif Tipe Team Games Turnament (TGT) dan Pengaruhnya Pada Pelajaran Matematika Di Mi/Sd; Studi Meta-Analisis. *Jurnal Ilmiah Pendidikan pendidik Madrasah Ibtidaiyah, 2*(1), 193-204.

Nurjanah, S., & Arifin, F. (2022). Metode Pelajaran Kooperatif Tipe Team Games Turnament (TGT) Dan Pengaruhnya Pada Pelajaran Matematika di MI/SD; Studi Meta-Analisis. *Jurnal Ilmiah Pendidikan pendidik Madrasah Ibtidaiyah, 2*(1), 193-204.

Pada, A., & Amir, F. (2022). Elevating Social Sciences Learn Outcomes: TGT Type Cooperative Learn Mode. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar, 6*(4), 620-626.

Parhusip, G. D., Kristanto, Y. D., & Partini. (2023). Meningkatkan Keaktifan Belajar Peserta Didik dengan Metode Pelajaran Kooperatif Tipe Teams Games Tournament (TGT). *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, 11*(2), 293-306.

Rahayuni, N. I., Abadi, I. B., & WIarta, I. W. (2020). Metode Pelajaran Teams Games Tournament (TGT) Berbasis Pendidikan Karakter Pada Kompetensi Pengetahuan Matematika Kelas IV SD. *Jurnal Adat dan Budaya,, 2*(1), 2-10.

Sa'diyah, H., Ramadani, A. S., Ningsih, Y., & Sanimah. (2022). Studi Kepustakaan Tentang Metode Pelajaran Kooperatif Tipe Teams Games Tournaments (TGT) Dalam Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Murid. *Jurnal Serunai Ilmu Pendidikan, 8*(1), 109-115.

Sandra, E., Theresia, M., & Nurbaiti. (2022). Pengaruh Metode Pelajaran Kooperatif Tipe Teams Games Tournament (TGT) Pada Hasil Belajar Matematika Materi Bangun Ruang Kelas V Sd Muhammadiyah 1 Padangsidimpuan. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar, 2*(2), 22-28.

Simanjuntak, M. E. (2022). Pengaruh Metode Pelajaran Kooperatif Tipe Teams Games Tournament (TGT) Untuk Mengatasi Kejenuhan Belajar Matematika Murid. *Jurnal Ilmiah Multi Disiplin Indonesia, 2*(1), 170-179.

Solicha, M., Indrawati, V., Pangesthi, L., & Bahar, A. (2021). Pemakaian Metode Pelajaran Kooperatif Tipe Teams Games Tournament (TGT) Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Murid S. *Jurnal Tata Boga, 10*(2), 234-245.

Sugianto, R., Cholily, Y. M., Darmayanti, R., Rahmah, K., & Hasanah, N. (2022). Development of Rainbow Mathematics Card in TGT Learn Metode for Increasing Mathematics Communication Ability. *Jurnal Matematika Kreatif - Inovatif, 13*(2), 221-234.

Suryani, A., Suarjana, I. M., & Artini, H. (2020). Pemakaian Metode Pelajaran Kooperatif Tipe TGT (Teams Games Tournament) Berbantuan Cara Sengkedan dan Metode Bernyanyi untuk Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Materi Faktor dan Kelipatan . *Indonesian Gender and Society Journal, 1*(1), 29-34.

Wahyuni, M., Riza, N., Asna, R., Zikri, S., & Rahman, Y. (2023). Upaya Peningkatan Aktivitas Belajar Matematika Peminatan melalui Metode Pelajaran Kooperatif Tipe TGT. *Journal of Education Research , 4*(3), 1543-1547.

Widayanti, L., & Rahayu, W. A. (2022). The Effectiveness Of Teams Games Tournament In Bilingual Mathematics Learn Againts Activities And Learn Outcome. *Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika, 11*(4), 3565-3572.

Yahya, A., & Bakri, N. W. (2019). Pengaruh Metode Pelajaran Kooperatif Tipe Teams Games Tournament (TGT) dengan Aplikasi QR Code Pada Hasil Belajar Matematika. *Jurnal Math Educator Nusantara, 5*(1), 90-100.

Yunita, A., Juwita, R., & Kartika, S. E. (2020). Pengaruh Pemakaian Metode Pelajaran Kooperatif Tipe Teams Games Tournament Pada Hasil Belajar Matematika Murid. *Jurnal Pendidikan Matematika, 9*(1), 23-34.

Zulherman, Iba, K., Paramita, A. A., Supriansyah, & Aji, G. B. (2021). The Influence Of The Question Box Media Assisted Teams Games Tournament Metodeon Science Learn Outcomes At Elementary School. *Sekolah Dasar: Kajian Teori dan Praktik Pendidikan, 30* (1), 88-96.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengembangan E-Modul Berbasis Smart Apps Creator 3 untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Peserta Didik Kelas VIII MTs

Dina Zain[1*], Kairuddin[2]
[1,2]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author: kembarzain1411@gmail.com*

Abstrak, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menghasilkan modul pembelajaran dalam bentuk elektronik berbasis Smart Apps Creator 3 yang bersifat valid, praktis, efektif untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis peserta didik kelas VIII pada materi pola bilangan. Jenis penelitian ini adalah penelitian Research and Development (RND) dengan model pengembangan ADDIE. Data dikumpulkan dengan melakukan wawancara, observasi, angket dan tes dengan sampelnya adalah kelas VIII A yang berjumlah 28 orang peserta didik. Hasil penelitian diperoleh nilai kevalidan e-modul dari ahli materi dan media yaitu 3,28 dan 3,39 dengan kategori sangat layak. Kepraktisan e-modul melalui hasil angket respon guru dan peserta didik diperoleh nilai 91,67% dan 81,55% dengan kategori sangat praktis. Kemudian nilai keefektifan e-modul dilihat melalui beberapa aspek yaitu ketuntasan belajar peserta didik secara klasikal dengan nilai 82,14%, ketercapaian indikator/tujuan pembelajaran mengalami peningkatan, waktu yang digunakan tidak melebihi waktu pembelajaran biasa dan respon positif peserta didik dengan persentase 80,96%. Peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematis peserta didik berada pada persentase 79,46% dengan kategori tinggi, sedangkan berdasarkan nilai N-Gain nilai rata-rata yang diperoleh peserta didik 0,56 yang artinya terjadi peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematis peserta didik dengan kategori sedang. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa e-modul yang dikembangkan pada penelitian ini adalah valid, praktis, dan efektif, serta mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis peserta didik.
Kata Kunci : E-modul, Smart Apps Crator 3, Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis

Abstract, *this study was conducted with the aim of producing an electronic learning module based on Smart Apps Creator 3 that is valid, practical, and effective to improve the mathematical problem-solving abilities of class VIII students on number pattern material. This type of research is Research and Development (RND) research with the ADDIE development model. Data were collected by conducting interviews, observations, questionnaires and tests with a sample of class VIII A consisting of 28 students. The results of the study obtained the validity value of the e-module from material and media experts, namely 3,28 and 3,39 with a very feasible category. The practicality of the e- module through the results of the teacher and student response questionnaire obtained a value of 91,67% and 81,55% with a very practical category. Then the effectiveness value of the e-module is seen through several aspects, namely the completeness of student learning classically with a value of 82,14%, the achievement of learning indicators/objectives has increased, the time used doesn't exceed the usual learning time and positive responses from students with a percentage of 80,96%. The increase in students' mathematical problem solving ability is at a percentage of 79,46% with a high category, while based on the N-Gain value, the average value obtained by students is 0,56, which means that there is an increase in students' mathematical problem solving ability with a moderate category. Based on the results obtained, it can be concluded that the e-module developed in this study is valid, practical, and effective, and is able to improve students' mathematical problem solving abilities*
Keywords*: E-module, Smart Apps Crator 3, Mathematical Problem Solving Skills*

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Citation : Zain, D. & Kairuddin. (2024). Pengembangan E-Modul Berbasis Smart Apps Creator 3 untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Peserta Didik Kelas VIII MTs. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 621 – 630

PENDAHULUAN

Proses pembelajaran pada dasarnya terkait dengan berbagai tantangan. Sepanjang proses pendidikan, peserta didik sering kali dibimbing untuk memahami materi pelajaran, khususnya matematika. Kemahiran dalam matematika sangat penting untuk mengembangkan keterampilan berpikir sistematis, logis, kritis, dan kreatif, serta kemampuan memecahkan masalah, dalam upaya memajukan teknologi dan pengetahuan (Ilsa *et al*., 2020).

Menurut NCTM atau "*National Council of Teachers of Mathematics*" bahwa pemecahan masalah merupakan bagian integral dari pendidikan matematika dan tidak boleh dipisahkan darinya. Polya (1973) berpendapat bahwa pemecahan masalah mencakup komponen penemuan, sehingga meningkatkan rasa ingin tahu, motivasi, dan ketekunan peserta didik dalam matematika. Mempelajari pemecahan masalah matematika menumbuhkan proses kognitif, ketekunan, rasa ingin tahu, dan kepercayaan diri peserta didik dalam situasi yang tidak biasa (Hasratuddin, 2018: 106). Meskipun demikian, pada kenyataannya, kemampuan pemecahan masalah matematika peserta didik masih relatif tidak memadai.

Wawancara dengan guru matematika MTs Negeri 2 Medan mengungkap bahwa ketika diberikan soal dalam bentuk soal cerita, tidak semua peserta didik memiliki kemampuan yang baik dalam memahami soal yang diberikan. Ada peserta didik yang cepat untuk memahami dan menyelesaikan soal, ada yang sedang-sedang saja, dan ada yang lambat untuk memahami dan menyelesaikan soal yang diberikan. Sebagian besar, peserta didik mengalami kesulitan memahami masalah karena peserta didik hanya menghafalkan rumus tanpa memahami konsep masalah tersebut. Peserta didik hanya mampu menyelesaikan bentuk soal yang sama, maka ketika diberikan soal yang berbeda peserta didik sukar untuk menentukan strategi penyelesaian yang tepat.

Hasil tes diagnostik menunjukkan bahwa keterampilan pemecahan masalah matematika peserta didik kelas VIII-A MTs Negeri 2 Medan masih kurang. Sebanyak 12 anak, mewakili 42,86%, masuk dalam kelompok "sangat rendah"; 6 peserta didik, atau 21,42%, masuk dalam kategori "rendah"; 10 peserta didik, atau 35,72%, masuk dalam kategori "sedang"; dan tidak ada peserta didik yang masuk dalam kategori "tinggi atau sangat tinggi". Hal ini disebabkan karena pembelajaran matematika masih menggunakan bahan ajar hanya berupa buku cetak yang menyajikan permasalahan dalam bentuk soal biasa, kebanyakan soal belum sepenuhnya dikaikan dengan kehidupan nyata peserta didik. Peserta didik masih ada yang mengobrol dengan teman sebangku dan tidak memperhatikan guru saat menjelaskan materi. Melengkapi hal tersebut, diperlukan keterampilan guru untuk mendesain bahan ajar. Sementara itu, guru kurang terampil dalam mendesain bahan ajar yang inovatif dan attraktif. Sehingga, diperlukan pengembangan terhadap bahan ajar tambahan yang dapat mendukung proses pembelajaran matematika agar pembelajaran lebih bervariatif. Peserta didik akan mendapatkan pengalaman baru yang bermakna dan dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematisnya. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan terhadap bahan ajar tambahan yang dapat mendukung proses pembelajaran matematika dengan berbantuan teknologi untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis.

Teknologi digital dalam pendidikan secara signifikan memengaruhi proses belajar mengajar. Memanfaatkan teknologi dalam proses pembelajaran matematika dapat meningkatkan pendidikan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

melalui penemuan dan komunikasi interaktif. Dengan demikian, modul pembelajaran interaktif dalam bentuk elektronik menjadi solusi yang dapat dijadikan sebagai perangkat pembelajaran yang berisikan penjelasan materi disisipi dengan gambar, animasi, audio maupun video, untuk memastikan bahwa penjelasannya membantu peserta didik dalam mencapai tujuan pembelajaran dan menggabungkan keterampilan lunak yang meningkatkan kemampuan pemecahan masalah mereka (Sattriawan *et al*., 2020). E-modul yang dikembangkan berupa aplikasi *mobile learning* berbasis *Smart App Creator* 3.

Smart Apps Creator 3 adalah *software* tanpa menulis kode apa pun, dapat mengembangkan aplikasi seluler untuk IOS dan Android. Peserta didik lebih mudah untuk membuka aplikasi di setiap *platform. Smart Apps Creator* 3 dapat menyimpan berbagai format file seperti HTML5, exe, dan apk. *Smart Apps Creator* 3 (SAC) memberikan kemudahan kepada guru dalam merancang bahan ajar tanpa menggunakan coding dan peserta didik dapat membuka aplikasi tersebut kapan dan dimana saja.

Materi yang disajikan pada e-modul adalah pola bilangan. Materi disampaikan melalui pendekatan masalah yang selaras dengan pengalaman hidup peserta didik. Konten disajikan secara metodis yang selaras dengan indikator kemampuan pemecahan masalah dalam matematika. Selain materi pokok pola bilangan, e- modul ini juga menyajikan implementasi dari pola bilangan. Salah satu implementasi pola bilangan adalah pada bidang ilmu Agama Islam.

Konsep pola bilangan dijelaskan dalam ilmu agama Islam yang dapat dikaji dalam Al-Qur'an ataupun kegiatan amal ibadah, seperti jumlah rakaat shalat sunnah dhuha, tahajud, witir, tarawih, dan lainnya. Jumlah rakaat antara shalat sunnah tersebut dapat membentuk pola bilangan ganjil dan genap (Transyah, *et al*., 2019). Dijelaskan juga dalam surah Al-Ashr yang dapat membentuk pola bilangan fibonacci. Dalam surah Ash-Shaff pada ayat ke-4 yang menjelaskan tentang barisan yang teratur. Selanjutnya, surah Al-Baqarah ayat 261 juga menjelaskan tentang pelipat gandaan pahala dan kebaikan bagi orang yang menginfakkan harta di jalan Allah. Mempelajari implementasi matematika dengan ilmu agama Islam dapat memberikan manfaat dan pengalaman kepada peserta didik. Kohar (2012) menegaskan bahwa ilmu agama Islam menanamkan prinsip-prinsip yang menumbuhkan karakter yang berintegritas, beretika luhur, dan beradab. Pendidikan yang berlandaskan pada akidah Islam akan menumbuhkan karakter yang terpuji. Nilai-nilai Islam dapat dimasukkan ke dalam proses pembelajaran matematika untuk memfasilitasi perolehan pengetahuan (kognitif), pemahaman, dan penerapan prinsip-prinsip Islam oleh peserta didik.

Dalam penelitian ini e-modul disusun dalam bentuk aktivitas peserta didik yang berisi aktivitas interaktif dengan sesuai indikator-indikator kemampuan pemecahan masalah dan asesmen interaktif. E-modul ini berfungsi sebagai sumber dan perangkat pembelajaran yang bisa dimanfaatkan guru dan peserta didik secara interaktif pada tahap pembelajaran. Melalui pemanfaatan E-modul ini dalam proses pendidikan, diharapkan dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah para peserta didik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (R&D) yang melibatkan 28 peserta didik kelas VIII-A MTs Negeri 2 Medan. Tujuannya adalah untuk menciptakan produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada dengan kualitas yang lebih baik. Proses pengembangan produk mengikuti model ADDIE yang terdiri dari lima tahap: "*Analysis, Desain, Development, Implementation,* dan *Evaluation*." Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan e-modul

pembelajaran berbasis *Smart Apps Creator* 3 untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masala matematis peserta didik. Teknik pengambilan data pada studi ini adalah metode wawancara, observasi, angket, dan tes kemampuan pemecahan masalah matematis.

Penelitian ini menggunakan metode wawancara terstruktur, yang terdiri dari beberapa pertanyaan yang ditujukan kepada guru mengenai proses pembelajaran, materi dan media pembelajaran, karakteristik peserta didik, kompetensi peserta didik, tantangan yang dihadapi, dan strategi pembelajaran. Observasi dilakukan untuk menilai kondisi peserta didik selama proses pembelajaran dan untuk mengevaluasi kemampuan pemecahan masalah matematika mereka melalui ujian diagnostik.

Teknik kuesioner berusaha untuk memperoleh data yang valid dari validator, wawasan praktis dari praktisi (guru) dan peserta didik, dan penilaian terhadap kemanjuran e-modul. Penelitian ini menggunakan enam kuesioner: kuesioner validasi dari ahli materi, kuesioner validasi dari ahli media, kuesioner respons guru, kuesioner respons peserta didik mengenai kepraktisan, kuesioner respons tentang efektivitas, dan kuesioner validasi untuk *PreTest* dan *PostTest*. Penilaian tersebut mengevaluasi kemanjuran e-modul yang dibangun menggunakan *Smart Apps Creator 3*. Penilaian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari empat pertanyaan yang akan menjalani validasi. Penilaian akan dilakukan sebelum dan sesudah penggunaan e-modul yang dirancang.

Penelitian ini menggunakan metodologi analisis data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif diperoleh dari hasil validasi yang diberikan oleh para ahli materi, tanggapan angket dari guru dan peserta didik mengenai kepraktisan e-modul, efektivitas e-modul, dan hasil *PreTest* dan *PostTest*. Data kualitatif dikumpulkan melalui wawancara, observasi, dan rekomendasi dari para ahli dan praktisi setelah penggunaan e-modul yang dibangun, dan data ini akan diperiksa secara objektif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis

Tahap analisis merupakan fase awal yang harus dilakukan oleh peneliti, yang melibatkan studi pendahuluan melalui metode seperti wawancara, observasi, dan asesmen diagnostik. Fase ini berupaya untuk memastikan dan menggambarkan persyaratan dalam proses pendidikan untuk mengembangkan e-modul yang efektif. Temuan menunjukkan bahwa materi pembelajaran yang digunakan masih dalam format cetak, yang menampilkan pertanyaan-pertanyaan dasar yang kurang relevan dengan pengalaman hidup peserta didik. Beberapa peserta didik terus bercakap-cakap dengan teman sebangkunya, mengabaikan untuk fokus pada penjelasan guru, dan menunjukkan keterlibatan yang berkurang selama diskusi. Temuan ujian diagnostik menunjukkan bahwa kemampuan pemecahan masalah matematika peserta didik kurang. Sebanyak 12 anak, mewakili 42,86%, termasuk dalam kelompok “sangat rendah”; 6 peserta didik, atau 21,42%, tergolong “rendah”; 10 peserta didik, yang mencakup 35,72%, berada dalam kategori “sedang”; dan tidak ada peserta didik dalam kategori “tinggi atau sangat tinggi.” Maka dari itu, untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis perlu dikembangkan e-modul pembelajaran interaktif berbasis *Smart Apps Creator* 3.

Pengembangan e-modul ini harus disesuaikan dengan sumber daya yang dapat digunakan pada sekolah tersebut. Sumber daya yang dapat digunakan berupa non-manusia, manusia dan fisik. Sekolah MTs Negeri 2 Medan sudah menerapkan kuriukulum merdeka secara keseluruhan. Salah satu prinsip kurikulum merdeka ialah menekankan pada pengembangan keterampilan dan *coping skil* peserta didik dalam menghadapi masalah, serta menyediakan kebebasan bagi guru dalam menyusun

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pembelajaran yang relevan terhadap kebutuhan dan minat peserta didik (Hasibuan, 2024). Olah karena itu, setiap sekolah disarankan untuk menyediakan berbagai sumber pembelajaran yang membantu peserta didik memahami materi dan meningkatkan kemampuan serta minat. Sekolah juga menyediakan sarana dan prasarana yang bisa digunakan guru dan peserta didik. Secara keseluruhan peserta didik dapat mengakses informasi terkait materi matematika yang mereka pelajari melalui laptop maupun gadget. Seluruh peserta didik memiliki gadget dan laptop dirumah masing-masing. Sekolah juga menyediakan, 1) *proyektor*, 2) sumber arus listrik pada setiap kelas, 3) laboratorium komputer yang terdiri dari 34 unit PC yang dilengkapi dengan jaringan internet mandiri dan jaringan LAN yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran.

Rancangan

Tahapan rancangan merupakan tahapan yang bertujuan sebagai solusi untuk menyelesaikan masalah yang telah diidentifikasi pada tahap analisis (Siregar, *et al*. 2021). Berdasarkan tahap analisis solusi yang dipilih dalam mengatasi permasalahan peserta didik yaitu mengembangan sebuah produk berupa modul pembelajaran digital berbasis *Smart Apps Creator* 3 dengan menggunakan konsep masalah matematis. Pada tahapan ini turut dilangsungkan perancangan modul ajar, serta instrumen-instrumen yang bisa digunakan pada tahap pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Modul ajar dirancang berdasarkan kurikulum merdeka yang mencakup Alur Tujuan Pembelajaran (ATP), Capaian Pembelajaran (CP), identitas modul yang berisikan nama penyusun, nama instansi, jenjang/semester, fase/kelas, mata pelajaran, domain/materi pokok, alokasi waktu, dan tahun ajaran, profil pelajar Pancasila, kompetensi awal, sarana dan prasarana, model pembelajaran, metode dan pendekatan pembelajaran, tujuan pembelajaran, sumber belajar, langkah-langkah pembelajaran, dan *assessment*. Alokasi waktu pada modul pembelajaran adalah 6JP × 40 menit (3 kali pertemuan). Model pembelajaran yang digunakan adalah *Problem Based Learning* dengan pendekatan TPACK.

Instrumen penelitian lainnya yang dirancang yaitu, 1) angket validasi modul pembelajaran oleh ahli materi, 2) angket validasi modul pembelajaran oleh ahli media, 3) angket kepraktisan oleh guru terhadap e-modul, 4) angket kepraktisan peserta didik terhadap e-modul, 5) angket respon peserta didik terhadap keefektifan e-modul, 6) lembar *PreTest*, dan 7) lembar *PostTest*. E-modul pembelajaran melalui penerapan *Smart Apps Creator* 3 dan aplikasi pendukung dalam mengembangkan teks, gambar, video, animasi, audio yaitu *ms. Power Point*, YouTube, Canva, Capcut, dan lainnya. Format e-modul yang dikembangkan harus relevan terhadap prinsip, karakteristik, dan tahapan pembelajaran yang berbasis pada model masalah. E-modul dirancang semenarik mungkin dengan tampilan dan warna tampilan perpaduan warna pastel serta dilengkapi dengan beberapa tombol navigasi, seperti tombol *home*, *back*, *next*, dan tombol *close*. Bagian-bagian e-modul dilengkapi dengan *cover*, kata pengantar, CP dan TP, menu yang beriskan pilihan materi, evaluasi, daftar pustaka, dan lainnya.

Cover e-modul berbasis *Smart Apps Creator* 3 ini dirancang dengan perpaduan beberapa warna pastel, yaitu biru muda, merah, kuning, putih dan lainnya serta dilengkapi dengan gambar-gambar yang berhubungan dengan pola bilangan. Kata pengantar dalam e-modul berbasis *Smart Apps Creator* 3 berisikan ucapan syukur telah selesainya pembuatan e-modul oleh penulis, tujuan pembuatan e-modul harapan dan ucapan terima kasih serta permohonan maaf apabila terdapat kekurangan pada produk yang dikembangkan. Capain pembelajaran (Gambar 1(b)) berfungsi menjadi acuan untuk guru dalam merancang proses pembelajaran yang bertujuan pada peningkatan kompetensi peserta didik. Tujuan pembelajaran dalam e-modul ini memuat poin-poin yang ingin

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

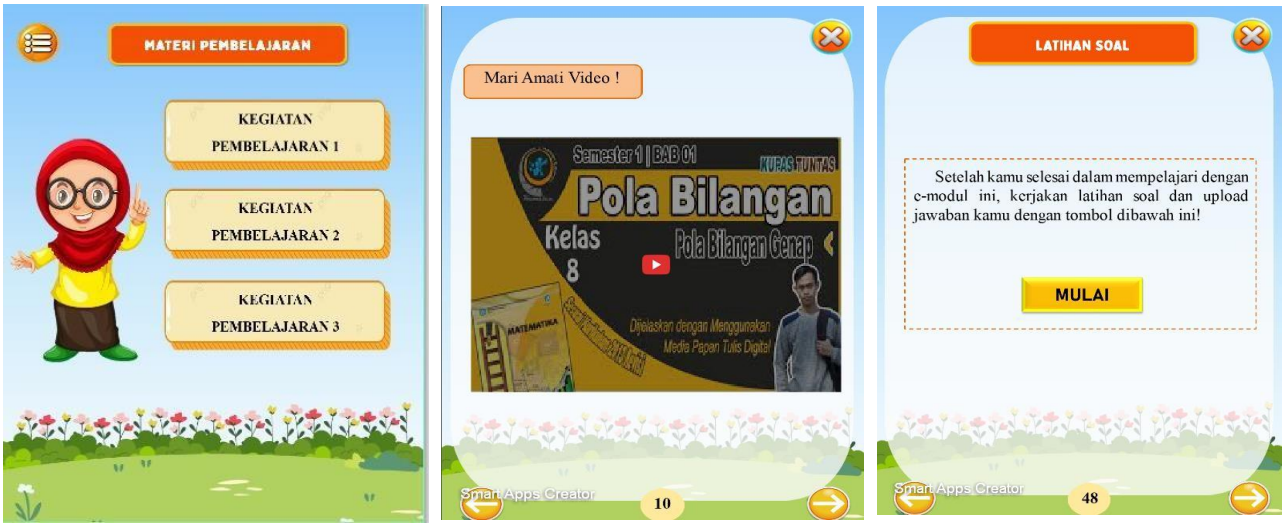
dicapai dalam pembelajaran dengan menerapkan e-modul berbasis *Smart Apps Creator* 3.



(a) (b) (c)

Gambar 1. (a) Cover, (b) Capaian Pembelajaran, dan (c) Menu

Gambar 2(c) menunjukkan tampilan Menu otomatis ini memudahkan pengguna serta memungkinkan penggunaan yang lebih efisien dan menghemat waktu. Selain itu, menu juga dilengkapi dengan tombol navigasi petunjuk penggunaan e-modul dan navigasi *home*. Kegunaan petunjuk penggunaan ini adalah agar pengguna atau peserta didik dapat belajar dengan mandiri dan memperjelas peranan guru pada tahap pembelajaran.



(a) (b) (c)

Gambar 2. (a) Materi Pembelajaran (b) Video Pembelajaran, (c) Latihan Soal

Pada menu pembelajaran (gambar 2a) terdapat kotak pilihan yang berisikan kegiatan-kegiatan pembelajaran. Penyajian materi sesuai dengan sintaks model pembelajaran PBL yaitu orientasi peserta didik dengan kegiatan mengamati dan memahami permasalahan yang diberikan, mengorganisasikan peserta didik dalam belajar dengan kegiatan mengidentifikasi permasalah yang diberikan, membantu penyelidikan individu ataupun kelompok dengan kegiatan merencanakan penyelesaian permasalahan yang ada, mengembangkan dan menyajikan hasil karya dengan kegiatan menyelesaikan permasalahan yang ada, dan menganalisis dan mengevaluasi hasil karya dengan kegiatan meriksa kembali dan menyimpulkan proses pemecahan masalah yang diberikan.

Kemududian dalam aplikasi ini juga menyediakan video pembelajaran seperti gambar 2(b)

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

sebagai media tambahan yang dapat membantu mejelaskan materi pola bilangan lebih jelas dan rangkuman berisikan inti sari dari seluruh kegiatan pembelajaran pada e-modul. Lembar latihan soal ditunjukkan gambar 2(c) berisi soal-soal yang berbentuk *essay* yang bertujuan untuk mengukur pencapaian peserta didik terhadap tujuan pembelajaran yang telah dirumuskan. Pada latihan soal mengarahkan peserta didik kepada *GoogleForm* agar peserta didik dapat mengecek secara langsung kebenaran dari jawaban mereka serta memudahkan guru untuk memproses nilai peserta didik jika pembelajaran dilakukan secara *online*. Glosarium memuat beberapa istilah yang terdapat pada e-modul berbasis *Smart Apps Creator* 3. Daftar pustaka berisikan sumber-sumber yang dijadikan sebagai rujukan dalam menyusun materi pada e-modul dan profil penulis berisikan informasi tentang data-data penulis dan latar belakang kehidupan serta pendidikan penulis.

Pengembangan

Tahap pengembangan ialah bentuk realisasi dari apa yang sudah dilakukan pada tahap desain (Siregar, *et al*. 2021). Langkah pertama yang dilakukan yaitu mempersiapkan segala instrumen yang mencakup angket, soal tes, modul ajar dan elemen-elemen media yang kemudian disatukan ke dalam sebuah e-modul berbasis *Smart Apps Creator* 3 yang utuh. Langkah kedua yakni tahap penilaian atau validasi oleh para ahli terhadap berbagai komponen yang sudah dirancang.

Table 1. Validasi Instrumen Penelitian

No	Jenis Instrumen	Penilaian Validator			Rerata Penilaian Validator	Kategori
		VA1	VA2	VA3		
1	Lembar validasi modul ajar	3,50	3,00	3,82	3,38	Sangat Layak
2	Lembar validasi ahli materi	3,35	3,20	3,25	3,28	Sangat Layak
3	Lembar validasi ahli media	3,48	3,90	2,88	3,39	Sangat Layak
4	Lembar validsi angket Respon Guru	4,00	3,60	3,00	3,57	Sangat Layak
5	Angket Respon Peserta Didik	3,00	3,50	2,50	3,13	Sangat Layak
6	Lembar Validasi Soal *PreTest*	3,00	3,00	3,00	3,00	Layak
7	Lembar Validasi Soal *PostTest*	3,00	3,00	3,00	3,00	Layak

Hasil validasi modul ajar dengan skor rata-rata 3,38 dari skor maksimal 4,00 sehingga termasuk ke dalam kategori "sangat layak." Hasil validasi e-modul berbasis *Smart Apps Creator* 3 oleh validator ahli materi dan ahli media diperoleh berturut-turut sebesar 3,28 dan 3,39 dari skor maksimal 4,00 sehingga termasuk ke dalam kategori "sangat layak" digunakan. Sedangkan untuk hasil validasi instrumen penelitian diperoleh, 1) angket respon guru dan peserta didik untuk kepraktisan diperoleh rata-rata sebesar 3,57 dan 3,13, sehingga kedua angket tersebut termasuk ke dalam kategori "sangat layak" digunakan sebagai alat pengukur kepraktisan; 2) soal tes (*PreTest* dan *PostTest*) diperoleh rata-ratanya sebesar 3,00 untuk kedua soal tes, sehingga kedua soal tes tersebut termasuk ke dalam kategori "layak" digunakan.

Implementasi

Tahap implementasi dilangsungkan uji keterbacaan dan uji lapangan dalam mengevaluasi kepraktisan dan keefektifan e-modul dan instrumen yang dikembangkan terhadap pembelajaran. Tahap uji keterbacaan dilakukan dengan 10 orang peserta didik kelas VIII MTs Negeri 2 Medan. Tahap uji lapangan dilakukan sebanyak lima pertemuan, di mana tiga pertemuan merupakan pelaksanaan pembelajaran berdasarkan modul ajar yang dikembangkan dan dua pertemuan digunakan untuk *PreTest*, *PostTest*, dan pengisian angket respon peserta didik pada e-modul yang disusun.

Tahap uji coba ketebacaan bertujuan untuk memperbaiki e-modul yang dikembangkan apabila terdapat kesalahan bahasa, kesulitan peserta didik dalam memahami perangkat yang dikembangkan dan menemukan hal-hal yang dapat menjadi saran masukan untuk menyempurnakan perangkat yang

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dikembangkan untuk digunakan di uji lapangan. Temuan yang didapat dari uji coba keterbacaan peserta didik terhadap e-modul berbasis *Smart Apps Creator* 3 yang dikembangkan menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan dominan bisa terbaca jelas dan mudah untuk dipahami. Namun, terdapat beberapa bagian yang harus diperbaiki pada e-modul, yaitu pada halaman ke 7 dan halaman 44. Hasil kepraktisan ini diperoleh melalui hasil respon guru dan peserta didik terhadap e-modul berbasis *Smart Apps Creator* 3 yang dikembangkan. Angket kepraktisan e-modul ditinjau dari aspek penggunaan, efisiensi waktu pembelajaran dan pemanfaatan e-modul berbasis *Smart Apps Creator* 3. Repons guru terhadap e-modul ini sebesar 91,67% (sangat praktis), sedangkan respon peserta didik 81,55% (sangat praktis).

E-modul berbasis *Smart Apps Creator* 3 yang praktis disebabkan oleh beberapa hal, yaitu 1) e- modul yang dikembangkan memuat permasalahan yang berhubungan dengan kegiatan sehari-hari peserta didik, sehingga peserta didik dapat terdorong dalam keterkaitan materi dengan contoh yang ada, 2) e- modul yang dikembangkan mudah dimengerti oleh peserta didik karena ketersediaan petunjuk penggunaan yang jelas, mudah dibaca, tampilan menarik, serta gambar dan teks mudah dipahami peserta didik, 3) e- modul dirancang dan disusun dengan kalimat sederhana agar mudah dimengerti peserta didik, 4) e-modul dapat diakses dari berbagai *output* dan digunakan secara *online* ataupun *offline*.

Analisis keefektifan dilakukan untuk melihat keberhasilan sebuah produk yang dikembangkan apakah layak digunakan Analisis keefektifan dilakukan deskripsi peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematis peserta didik yang dilihat melalui nilai rata-rata peserta didik, persentase pencapain KKTP, peningkatan tiap indikator, respon positif peserta didik, dan hasil perhitungan gain. Persentase ketuntasan kemampuan pemecahan masalah matematis peserta didik kelas VIII MTs 2 Medan pada uji lapangan dijabarkan di tabel 2. Kriteria ketercapaian indikator/tujuan pembelajaran adalah minimal 75% untuk setiap indikator yang dicapai oleh 65% peserta didik. Ketercapaian indikator pada uji lapangan disajikan dalam tabel 3.

Table 2. Hasil Ketuntasan Belajar Secara Klasikal

Keterangan	Pretest		PostTest	
	Jumlah Peserta Didik	PKK	Jumlah Peserta Didik	PKK
Tuntas	9	32,14%	23	82,14%
Tidak Tuntas	19	67,86%	5	17,86%
Jumlah	28	100%	28	100%

Table 3. Hasil Ketercapaian Indikator Pembelajaran

No	Indikator	*PreTest*		*PostTest*	
		Persentase	Keterangan	Persentase	Keterangan
1	Memahami Masalah	76,19%	Tercapai	86,51%	Tercapai
2	Menyusun Rencana Penyelesaian	51,19%	Belum Tercapai	75,79%	Tercapai
3	Menyelesaikan Rencana Penyelesaian	60,71%	Belum Tercapai	79,36%	Tercapai
4	Meriksa Kembali	43,65%	Belum Tercapai	76,19%	Tercapai

Waktu yang digunakan tidak melebihi waktu pembelajaran biasa, serta respon yang diberikan oleh peserta didik merupakan respon positif dengan persentase 80,96% dari total seluruh peserta didik. Peserta didik memberikan pendapatnya terhadap e-modul berbasis *Smart Apps Creator* 3 yang mereka gunakan selama proses pembelajaran. Sebagian besar peserta didik merasa senang dan memberikan kesan yang baik terhadap e-modul ini. Kesan-kesan yang diberikan peserta didik selama mengikuti pembelajaran melalui penerapan e-modul yang dikembangkan peneliti menjadi masukkan kepada peneliti untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas e-modul berbasis *Smart Apps Creator* 3 kedepannya.

Peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematis peserta didik dari *PreTest dan*

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

PostTest, peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematis terlihat dari kenaikan nilai tertinggi dari 80,56 ke 100 (19,44 poin), nilai terendah dari 30,56 ke 63,89 (33,33 poin), dan rata-rata dari 57,93 ke 79,46 (21,53 poin) setelah post-test. Deskripsi peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematis merujuk pada indikatornya, pada pembelajaran melalui penerapan e-modul berbasis *Smart Apps Creator* 3. Persentase peningkatan tiap indikator kemampuan pemecahan masalah adalah: memahami masalah (10,32%), menyusun rencana penyelesaian (24,60%), menyelesaikan rencana penyelesaian (18,65%), dan memeriksa kembali (32,54%).

Peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematis peserta didik dari *PreTest* ke *PostTest* bisa dilihat dari temuan analisis gain, yang diterapkan dalam mengevaluasi peningkatan kompetensi yang terjadi sebelum dan sesudah pembelajaran. Peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematis peserta didik dalam bentuk Gain dijabarkan di tabel 4.

Tabel 4. Skor Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis

Interval Gain	Kategori	Banyak Peserta Didik	Persentase	Rata-rata Gain
$0{,}70 \leq n \leq 1{,}00$	Tinggi	11	39,28	0,56
$0{,}30 \leq n \leq 0{,}70$	Sedang	12	42,86	
$0 \leq n \leq 0{,}30$	Rendah	5	17,86	
Jumlah		28	100	

Peningkatan hasil belajar peserta didik disebabkan oleh pembelajaran melalui bantuan e- modul berbasis *Smart Apps Creator* 3 dengan menyajikan konten materi dalam bentuk masalah yang berkaitan dengan kehidupan nyata yang dapat memberikan ransanganan atau stimulus agar lebih fokus yang menjadikan peserta didik dapat meningkatkan minat dan aktif dalam menyelesaikan masalah matematis. Stimulus yang diberikan dalam e-modul dapat melalui petunjuk belajar, sajian materi ajar, rangkuman, contoh soal dan latihan.

Evaluasi

Tahap penilaian dilakukan secara formatif dan sumatif. Evaluasi formatif dilakukan pada setiap tahap pengembangan perangkat pembelajaran berupa e-modul dengan menggunakan *Smart Apps Creator* 3. Evaluasi sumatif dilakukan pada akhir seluruh proses yang dilaksanakan, yaitu pada akhir proses pembelajaran yang direncanakan, yang meliputi *PostTest* dan pengisian angket oleh Peserta Didik dan guru sebagai tanggapan terhadap e-modul yang telah disiapkan. Beberapa kekurangan yang harus diperbaiki adalah, 1) ketidaksesuaian sistematika modul ajar, 2) ketidaksesuaian aspek bahasa pada soal *PreTest* dan *PostTest*, 3) kekurangan e-modul berbasis *Smart Apps Creator* 3 baik dari segi materi maupun media, 4) perbaikan kesalahan penulisan dan sistematika seluruh instrumen.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan e-modul berbasis *Smart Apps Creator* 3 diperoleh beberapa kesimpulan yaitu, Kevalidan e-modul berbasis *Smart Apps Creator* 3 oleh ahli materi sebesar 3,28 atau 82,00% dan ahli media sebesar 3,39 atau 84,80%. Hal ini menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan ada pada kategori "sangat layak" untuk diterapkan menjadi bahan Pembelajaran. Kepraktisan e-modul berbasis *Smart Apps Creator* 3 berdasarkan angket guru sebesar 91,67% dan respon peserta didik yakni sejumlah 81,55%. Temuan tersebut mengindikasikan e-modul berbasis *Smart Apps Creator* 3 yang dikembangkan termasuk ke dalam kategori "sangat praktis" untuk digunakan dalam pembbelajaran matematika.

Keefektifan e-modul berbasis *Smart Apps Creator* 3 dilihat dari beberapa aspek yaitu, 1) ketuntasan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

belajar peserta didik secara klasikal yakni sejumlah 82,14%, 2) ketercapaian indikator/tujuan pembelajaran pada uji lapangan telah tercapai mengalami peningkatan, 3) waktu yang digunakan tidak melebihi waktu pembelajaran biasa, serta respon yang diberikan oleh peserta didik merupakan respon positif dengan persentase yakni sejumlah 80,96%, 4) peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematis peserta didik mengalami peningkatan rata-rata yakni sejumlah 21,53% dan sebelumnya rata-rata peserta didik pada *PreTest* yakni sejumlah 57,93% meningkat menjadi 79,46% pada *PostTest*. Kemampuan pemecahan masalah matematis peserta didik meningkat dengan rata-rata skor Gain yakni sejumlah 0,56 ada pada kategori "sedang."

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih bagi seluruh pihak yang sudah memberikan dukungan dan kesempatan serta bantuan dalam kelancaran dalam proses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar, S. (2013). *Istrumen Perangkat Pembelajaran*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.

Hasibuan, Akmal Rizki Gunawan., Amalia, Assyifa., Resky, Muhammad., Adelin, Nur., Muafa, Novaldi Fadil., & Zulfikri, Muhammad Adhi. (2024). Prinsip Pembelajaran Kurikulum Merdeka (Tinjauan Holistik Paradigma Ki Hajar Dewantara sebagai Pendekatan). *Jurnal Penelitian dan Ilmu Pendidikan*, 5 (2), 663-673.

Hasratuddin. (2018). *Mengapa Harus Belajar Matematika?*. Medan: Pers. EDIRA.

Ilsa, A., F, F., & Harun, M. (2020). Pengembangan Video Pembelajaran dengan menggunakan Aplikasi Powerdirector 18 di Sekolah Dasar. Jurnal Basicedu, 5(1: 288–300).

Kohar, Ahmad Wachidul. (2012). *Integrsi Nilai Islam dalam Pembelajaran Mattematika. (online)*, http://Bangqohar. wordpress.comIntegrasi-Nilai-Islam-dalam-Pembelajaran-Matematika, diakses tanggal 2 Juli 2024.

Kusmayanti, Vera., Yasri., Setiawati, Euis., & Husnuz Zaimah. (2020). *Modul Pembelajaran Matematika Madrasah Tsanawiyah Garis dan Pola Bilangan.* Jakarta: Kementerian Agama Republik Indonesia Direktorat Jenderal Pendidikan Islam Direktorat Guru dan Tenaga Kependidikan Madrasah.

Polya, G. (1973). How To Solve it: A New Aspect of Mathematical Method. New Jersey, USA: Pricenton University Press.

Sattriawan, Andri. Sugeng Sutiarso, dan Undang Rosidin. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Terintegrasi Soft Skills Dalam Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah. Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika, 4 (2): 950-963.

Siregar, Budi Holomoan., Kairuddin., & Mansyur, Abil. (2021). Developing Interactive Electronic Book Based on TPACK to Increase Creative Thinking Skill. *Al-Ishlah: Jurnal Pendidikan*, 13 (3), 2831- 2841.

Siregar, Nurul Hazizah, dan Syafari. (2017). Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Peserta Didik dalam Pembelajaran Matematika Menggunakan Model Pembelajaran PBL dan TPS. *Seminar Nasional Matematika Fakultas Matematika 2017* (h. 1-10). Medan: FMIPA Universitas Negeri Medan.

Transyah, Eri Agus., Astuti, Dwi., & Hamdani. (2019). Analisis Contoh Kontekstual Konsep Matematika Sekolah yang Terdapat dalam Ibadah Shalat. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Khatulistiwa* (JPPK), 8 (9), 1-12.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Analisis Kesulitan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Program Linier Berbantuan Kalkulator Grafik di Kelas XI

Hetty Elfina
Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author:* hetty.elfina90@gmail.com

Abstrak, penelitian ini bermula dari ditemuinya kesulitan siswa dalam menyelesaikan soal cerita pada materi program linier. Hal ini menjadi perhatian bagi peneliti untuk menganalisis kesulitan yang dihadapi siswa karena soal cerita dalam program linier dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Penelitian ini bantuan kalkulator grafik MATLAB agar pembelajaran di kelas tidak membosankan dan diharapkan siswa lebih mudah memahami materi program linier. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kualitatif dengan subjek penelitian sebanyak 30 siswa kelas XI Ilmu Agama di Madrasah Aliyah Swasta Plus Al Ulum Medan. Berdasarkan hasil analisis data diperoleh bahwa terdapat berbagai kesulitan siswa dalam menyelesaikan soal program linier, diantaranya (1) kesulitan konsep, meliputi kesulitan dalam menerjemahkan soal cerita ke dalam bentuk simbol matematika, kesulitan dalam menentukan arah arsiran, (2) kesulitan prinsip, meliputi kesulitan menentukan tanda lebih besar atau lebih kecil dari soal cerita, (3) kesulitan keterampilan, meliputi penggunaan operasi perhitungan dan membuat grafik. Kesulitan ini tidak hanya terjadi pada siswa yang berkemampuan rendah, namun juga terjadi pada siswa yang berkemampuan sedang dan tinggi.
Kata kunci: Analisis Kesulitan; Program Linier; Kalkulator Grafik.

Abstract, *this research was initiated by the discovery of students' difficulties in solving word problems in linear programming. This has become a concern for researchers to analyze the difficulties faced by students, as word problems in linear programming can be applied in everyday life. This research utilizes the MATLAB graphing calculator to make classroom learning more engaging and to help students better understand the material of linear programming. The research used a qualitative approach with 30 eleventh-grade Religious Studies students at Madrasah Aliyah Swasta Plus Al Ulum Medan as research subjects. Based on the data analysis, it was found that students had various difficulties in solving linear programming problems, including (1) conceptual difficulties, such as difficulties in translating word problems into mathematical symbols and determining the direction of shading, (2) principal difficulties, such as difficulties in determining the greater than or less than signs from the word problem, and (3) skill difficulties, including the use of arithmetic operations and creating graphs. These difficulties were not only experienced by low-ability students but also by students with moderate and high abilities.*
Keywords: *Difficulty Analysis; Linear Programming; Graphing Calculator.*

Citation : Elfina, H. (2024). Analisis Kesulitan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Program Linier Berbantuan Kalkulator Grafik di Kelas XI. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 631 – 641.

PENDAHULUAN

Pelajaran yang harus dipahami ketika mulai memasuki tahap sekolah dasar hingga sekolah tinggi adalah matematika. Melalui pembelajaran matematika siswa akan berpikir cerdas, efisien, dan imajinatif. Matematika muncul dari adanya suatu gagasan manusia mengenai ide-ide, proses, dan penalaran. Pengamatan, penyelidikan, dan hubungannya dengan fenomena fisik dan sosial adalah semua aspek matematika. Matematika dianggap sebagai ilmu yang terorganisir dan terintegrasi, yang mencakup pemahaman tentang pola dan hubungan, serta cara berpikir yang membantu kita memahami dunia di sekitar. Ilmu ini juga merupakan fondasi bagi kemajuan dalam sains dan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

teknologi (Widodo, 2014). Hamzah (2014) mengungkapkan bahwa pembelajaran matematika adalah suatu proses yang direncanakan secara sengaja untuk membuat suasana dan lingkungan yang mendukung aktivitas matematis dan membutuhkan keterlibatan aktif dari siswa. Melalui pembelajaran matematika siswa dapat mengembangkan kemampuan berpikir yang baik, seperti nalar, logika, analitis, sistematis, kritis, kreatif, serta keterampilan dalam menyelesaikan masalah. Selain itu, pembelajaran matematika juga mendorong kemampuan kerjasama antar siswa. Matematika memainkan peran yang vital di bagian kehidupan manusia, terkhusus untuk peningkatan daya pikir individu. Aktivitas sehari-hari manusia pun sering kali melibatkan penerapan matematika. Ketika mempelajari matematika, siswa harus mengetahui secara mendalam objek-objek tersebut agar mendapatkan pemahaman konsep yang jelas. Pemahaman konsep dalam matematika sangat penting karena belajar matematika merupakan belajar berpikir, membuat pembuktian dengan logika, sistematis, terurut dan teratur dari setiap materi yang berbeda, dari yang konkrit ke bentuk abstrak. Namun pada kehidupan nyata, matematika merupakan pelajaran yang paling sedikit disukai siswa karena sukar untuk dipelajari, abstrak, membosankan, dan tidak menarik. Akibatnya siswa mengalami kesulitan dalam belajar dan memiliki persepsi yang negatif. Padahal perhitungan matematika bayak digunakan di kehidupan sehari-hari.

Penyebab kesulitan siswa dalam belajar matematika itu sangat banyak dan beragam. Berbagai pendapat dikemukakan oleh para ilmuwan dalam mencari penyebab kesulitan belajar dan menggolongkan tantangan belajar menjadi dua, yaitu faktor yang ada dari dalam siswa dan dari luar. Faktor dari dalam diri siswa meliputi motivasi, bakat, dan minat. Sedangkan faktor dari luar meliputi lingkungan keluarga, sekolah, dan masyarakat. Setelah mendapatkan variabel-variabel yang menjadi tantangan belajar siswa, maka langkah selanjutnya akan lebih mudah dalam mengatasi permasalahan yang dialami siswa (Erliani, 2022). Kesulitan dalam belajar matematika dikenal dengan istilah *dyscalculia*, merupakan suatu kondisi yang berkaitan dengan gangguan pada sistem saraf. Secara medis, diskalkulia diartikan sebagai gangguan dalam kemampuan kalkulasi yang sistematis, yang terbagi menjadi kesulitan dalam berhitung dan kesulitan dalam menghitung (Fritz et al., 2019).

Ini berarti bahwa anak-anak yang mengalami diskalkulia seringkali kesulitan memahami proses matematis, dan hal ini terlihat dari tantangan yang mereka hadapi saat mengerjakan tugas yang melibatkan atau simbol matematika. Kesulitan belajar matematika ini berkaitan dengan berbagai aspek, termasuk pemahaman konsep, pemberian contoh dan bukan contoh, penggunaan simbol, keterampilan berhitung, penerapan konsep, serta pemahaman terhadap soal cerita. Wahab (2015) menyatakan kesulitan belajar dapat diartikan sebagai keadaan di mana siswa tidak mampu belajar dengan baik akibat adanya ancaman, hambatan, serta gangguan tertentu yang dialaminya. Kesulitan belajar ini menyebabkan siswa menjadi enggan untuk belajar lebih lanjut karena kurang paham akan materi yang dijelaskan guru sehingga terjadi kesalahan dalam penyelesaian soal terlebih pada soal cerita. Utari et al., (2019) menjelaskan siswa kesulitan dalam memahami soal serta terkendala dalam penggunaan operasi hitung sehingga menyebabkan siswa merasa kesulitan dalam menyelesaikan soal cerita. Salah satu materi matematika yang banyak menggunakan soal cerita adalah materi program linier. Materi ini memiliki keterkaitan dalam kehidupan sehari-hari, seperti perhitungan laba dalam suatu usaha, kapasitas parkir kendaraan, menentukan jenis makanan dengan memperhitungkan bahan baku, dan lain sebagainya sehingga materi program linier sangat penting bagi siswa untuk membantu mereka menyelesaikan berbagai masalah yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari (Zaura, 2022). Penguasaan konsep dasar pada materi program linier adalah konsep aljabar, persamaan dan pertidaksamaan linier, serta menggambar grafik fungsi. Ketika siswa kurang dalam pemahaman

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

konsep dasar tersebut, maka siswa akan kesulitan untuk menyelesaikan materi proram linier. Dalam penyelesaian soal cerita di program linier, siswa terlebih dahulu mengerti apa masalah yang disajikan pada soal, menuliskan model dengan menggunakan simbol matematika, menggambar grafik untuk mendapatkan area solusi, dan mengevaluasi titik pojok fungsi agar memperoleh kesimpulan dari masalah yang diberikan. Kesimpulan yang diperoleh akan berkaitan dengan menemukan nilai tertinggi atau terendah. Di berbagai disiplin ilmu, materi program linier digunakan juga dalam ekonomi, pertanian, perdagangan, dan manufaktur. Mass (Erliani, 2022) menyatakan bahwa kesulitan siswa pada pennyelesaian soal cerita yaitu membuat hubungan dengan dunia nyata, menyusun realitas, dan soal-soal yang memiliki hubungan dengan susunan numerik.

Utami et al,. (2022) menjelaskan bahwa kesukaran siswa untuk menyelesaikan soal program liner yaitu kesukaran untuk menuliskan model matematika, kesulitan pada penentuan daerah penyelesaian, kesulitan menentukan titik pojok, serta membuat kesimpulan. Hasil penelitian Nurjanah et all., (2018) didapatkan hasil bahwa terdapat banyak siswa yang mengalami kesukaran dalam mengerjakan soal program linier, seperti kesulitan dalam memahami konsep, melaksanakan prinsip, memberikan petunjuk dan keahlian yang diperoleh siswa dalam menyelesaikan soal program linier. Strategi yang dapat dilaksanakan untuk mengurangi kesukaran siswa di program linier yaitu guru harus memperhatikan kesukaran yang dihadapi siswa, mengetahui berbagai bentuk kekeliruan yang ada dalam penyelesaian soal matematika. Polya (Trizulfianto et al., 2017) menjelaskan untuk pemahaman dan pemecahan masalah, mula-mula menelaah kendala dengan mengubahnya menjadi kendala yang sederhana, lalu melanjutkan melalui proses kombinasi di tingkat tertentu. Kesulitan lainnya menurut Nurjanah et al., (2018) yaitu adanya siswa yang menemukan kendala dalam penyelesaian sistem pertidaksamaan linier, menggambar grafik fungsi linier serta merumuskan model matematika. Siswa juga menemui tantangan dalam penggunaan titik pojok, sukar dalam melakukan perhitungan, dan memahami informasi dari soal cerita program linier. Hal ini sebagian besar disebabkan oleh kurangnya semangat literasi diantara siswa. Penelitian ini mengungkapkan beberapa faktor penyebab kesulitan yang dialami siswa, di antaranya adalah ketidakmampuan menguasai materi program linier, kurangnya pemahaman terhadap materi prasyarat yang diperlukan, serta kurangnya ketelitian dalam melakukan operasi aljabarnya. Chotimah, et al., (2016) menjelaskan bahwa kesulitan siswa untuk menyelesaikan program linier disebabkan oleh kemampuan dalam memahami bacaan. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan data bahwa siswa yang memiliki tingkat pemahaman membaca yang lebih tinggi akan mengalami sedikit kesulitan dibandingkan dengan siswa yang memiliki kemampuan pemahaman membaca yang rendah.

Penelitian awal dilakukan peneliti untuk melihat dibagian mana siswa mengalami kesulitan untuk penyelesaian masalah matematika. Peneliti memberikan soal program linier berbentuk soal cerita pada 30 siswa kelas XI Imu Agama. Hasil yang diperoleh yakni sebanyak 78% siswa masih mengalami kendala dalam menyelesaikan soal cerita. Siswa masih kesulitan dalam menafsirkan soal cerita ke dalam bentuk simbol matematika hingga menyelesaikan hasil akhir. Hasil wawancara dengan siswa didapatkan fakta bahwa siswa menghadapi kendala untuk menyelesaikan soal cerita di materi program linier. Siswa masih belum mampu memodelkan soal cerita ke dalam simbol matematika, menggambarkan garis sesuai pertidaksamaan yang ada, menentukan arah arsiran, menentukan titik pojok, bahkan keliru dalam menyelesaikan perhitungan untuk mendapatkan nilai minimum dan maksimum. Kendala dalam penyelesaian soal program linier juga sejalan dengan penelitian Erliani (2022) yang mengungkapkan bahwa siswa menghadapi kesulitan saat mengidentifikasi konsep matematika yang relevan dengan masalah, kekeliruan dalam merumuskan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

asumsi yang benar, tidak dapat menemukan pola yang sesuai untuk menyelesaikan masalah, tidak memakai representasi matematis, keliru dalam penentuan representasi matematis, tidak menggunakan proses matematis yang formal, adanya kesalahan selama penerapan proses tersebut, kurangnya penyesuaian dan pengembangan model matematika, adanya kekeliruan dalam melakukan penyesuaian dan pengembangan model matematika. Selain itu, siswa belum mampu menyampaikan pembuktian matematis, serta kurang sesuai dalam menyampaikan pembuktian matematis. Hasil penelitian Utami et al., (2022) mengungkapkan masih adanya siswa yang memiliki hambatan dalam menyelesaikan masalah di program linear. Maka itu guru perlu melatih siswa dalam memecahkan masalah matematika di kehidupan sehari-hari. Banyaknya kendala yang dialami siswa disebabkan oleh belum memahami materi prasyarat yakni persamaan dan pertidaksamaan linear dua variabel serta menggambar grafik fungsi.

Kesulitan siswa dalam menyelesaikan soal program linier ini dapat diatasi dengan menggunakan media pembelajaran berbasis teknologi. Terdapat berbagai jenis media pembelajaran yang digunakan dalam pembelajaran matematika, seperti media pembelajaran interaktif, *autograph, powtoon,* geogebra, dan sebagainya. Hasil penelitian Tanzimah (2018) dinyatakan bahwa aplikasi GeoGebra dapat membantu menyelesaikan masalah pada pelajaran program linier. Penelitian Aprilia et al (2024) menyatakan bahwa media pembelajaran *Powtoon* dinilai efektif untuk materi program linier yang didasarkan pada tingkat pencapaian nilai ketuntasan yang mencapai 80%. Berdasarkan hasil tersebut, maka dapat dikatakan bahwa kesukaran siswa untuk penyelesaian masalah dapat diminimalkan melalui penggunaan media pembelajaran. Pada penelitian ini, media pembelajaran yang digunakan yaitu kalkulator grafik Matlab.

Kalkulator grafik Matlab adalah sebuah paket komputasi numerik yang berfungsi sebagai alternatif perangkat lunak dalam pembelajaran matematika. Melalui penggunaan alat ini, diharapkan siswa dapat belajar matematika dengan mudah dan berkualitas (Cahyono, 2013). Inovasi dalam pembelajaran matematika ini sangat bermanfaat sebagai media pembelajaran berbasis teknologi yang dapat membantu mengembangkan keterampilan siswa. Kalkulator grafik Matlab sagat efektif dalam perhitungan matematika sebab dilengkapi dengan berbagai fungsi yang mempermudah pemecahan berbagai persoalan (Noviasti, 2020). Dalam kalkulator grafik ini, terdapat fitur kalkulator untuk menyelesaikan berbagai bentuk perhitungan, fitur tabel untuk mempermudah mendapatkan titik x dan y sesuai bentuk persamaan yang diberikan, dan fitur grafik untuk mendapatkan gambar garis sesuai dengan bentuk persamaan atau pertidaksamaan yang diberikan. Dalam menyelesaikan soal program linier, yang digunakan adalah fitur grafik.

Pada fitur grafik ini, siswa akan mengamati arah arsiran sesuai bentuk pertidaksamaan yang dimasukkan dalam aplikasi. Selain itu, siswa juga akan belajar bagaimana bentuk garis yang dihasilkan, adanya perpotongan antara dua garis atau lebih, serta memperhatikan titik potong yang terjadi antar garis. Melalui aplikasi ini siswa dapat mengamati, berdiskusi dengan teman, serta memahami materi yang dipelajari. Pembelajaran akan lebih menyenangkan saat siswa menggunakan teknologi karena siswa dapat mencoba berbagai bentuk pertidaksamaan untuk mendapatkan kesimpulan bagaimana arah arsiran sesuai dengan pertidaksamaan yang diberikan. Melalui penggunaan aplikasi kalkulator grafik Matlab ini diharapkan siswa dapat memahami bagaimana proses dan langkah-langkah dalam menyelesaikan masalah di soal cerita sehingga dapat menerapkan dalam kehidupan sehari-hari.

Sebagai tenaga pengajar, guru bertanggung jawab melakukan evaluasi pembelajaran guna mengukur kepahaman siswa terhadap materi yang telah diajarkan sebelumnya dengan menggunakan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

aplikasi kalkulator grafik Matlab. Evaluasi ini biasanya berupa tes atau ulangan. Akan tetapi dalam praktiknya siswa masih terkendala sehingga hasil akhir yang diharapkan tidak sesuai (masih banyak kesalahan). Melalui kesalahan tersebut dapat menjadi indikator adanya kendala siswa dalam melakukan penyelesaian masalah. Maka dari itu perlu diadakan analisis kesalahan yang terjadi supaya tidak terjadi kesalahan yang sama dan menjadi solusi untuk pembelajaran akan datang. Berdasarkan penjabaran di atas dan pentingnya dilakukan penelitian untuk melihat kesulitan siswa dalam menyelesaikan soal program linier, maka tujuan dilaksanakan penelitian ini yaitu untuk menganalisis kesulitan siswa dalam menyelesaikan soal program linier berbantuan kalkulator grafik. Analisis kesulitan yang dilakukan meliputi kesulitan konsep, kesulitan prinsip, dan kesulitan keterampilan,

METODE PENELITIAN

Penelitian ini megadopsi metode kualitatif dengan pendekatan deskriptif. Penelitian ini dilakukan dalam kondisi yang alamiah di dalam kelas dengan menggunakan android yang telah dipasang aplikasi kalkulator grafik Matlab sebagai alat bantu dalam memahami masalah yang diberikan. Proses pengambilan data dilakukan langsung dari sumbernya. Hasil penelitian yang diperoleh dijabakan secara deskriptif berbentuk kalimat, tulisan dan gambar untuk menjelaskan bagaimana hambatan yang dihadapi siswa dalam menyelesaian soal cerita pada program linier. Peneliti menggunakan tes berbentuk uraian dan wawancara singkat sebagai instrumen penelitian. Dua masalah program linear disajikan kepada 30 siswa di kelas XI Ilmu Agama, Madrasah Aliyah Plus Al Ulum Medan, Tahun Ajaran 2024/2025. Hasil tes dari 30 siswa tersebut akan dianalisis untuk mengidentifikasi kesulitan yang dialami siswa dalam menyelesaikan soal program linier.

Dalam penelitian ini digunakan teknik analisis data deskripsi kualitatif dengan model interaktif yang dikenalkan oleh Miles dan Huberman. Menurut Miles dan Huberman (1992:16) analisis terdiri atas tiga alur kegiatan yang berlangsung secara bersamaan, yaitu reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan/verifikasi. Reduksi data merupakan proses pemilihan dan penekanan pada penyederhanaan, pengabstrakan, serta transformasi data mentah yang diperoleh dari catatan-catatan di lapangan. Proses ini terus berlangsung sepanjang penelitian kualitatif. Dalam tahap reduksi data, dipilih tiga siswa yang memperoleh nilai tertinggi, menengah, dan rendah.

Penyajian data. Miles dan Huberman mendefinisikan penyajian data sebagai kumpulan informasi yang terstruktur sehingga memungkinkan untuk menarik kesimpulan dan mengambil tindakan. Mereka berpendapat bahwa penyajian data yang baik adalah kunci untuk analisis kualitatif yang valid. Penyajian data ini dapat berupa matrik, grafik, jaringan dan diagram. Dalam penelitian ini, data disajikan berbentuk gambar dan narasi. Kemudian menarik kesimpulan. Data yang diperoleh perlu diuji kebenaran, kekokohan, dan relevansinya, yang merupakan bagian dari validitas data. Kesimpulan akhir tidak hanya terbentuk selama proses pengumpulan data, tetapi juga perlu divalidasi agar dapat dipertanggungjawabkan. Hasil analisis dari masing-masing siswa dikelompokkan ke dalam kategori kemampuan tinggi, sedang, dan rendah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan di Madrasah Aliyah Swasta (MAS) Plus Al Ulum Medan di kelas XI Ilmu Agama memiliki tujuan untuk mengetahui bagaimana kesukaran yang dihadapi siswa dalam menyelesaikan soal cerita program linier. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan media pembelajaran yaitu kalkulator grafik Matlab yang bertujuan untuk menjadikan pembelajaran asik dan menarik sehingga siswa tidak merasa jenuh pembelajaran berlangsung.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Sebelum pembelajaran dimulai, peneliti telah memberitahukan sebelumnya bahwa siswa terlebih dahulu mengunduh aplikasi kalkulator grafik Matlab ini di android masing-masing dan membagi kelompok belajar siswa berdasarkan nilai harian mereka selama belajar matematika. Ketika pembelajaran materi program linier dimulai, siswa telah duduk di kelompok masing-masing dan menerima Lembar Kerja Siswa (LKS) yang telah dipersiapkan peneliti. Siswa membaca petunjuk cara penggunaan aplikasi kalkulator grafik dan guru juga mengarahkan agar siswa lebih memahami cara penggunaannya. Setelah siswa memahami cara penggunaan kalkulator grafik, siswa mulai diskusi dengan kelompok masing-masing untuk menyelesaikan soal yang diberikan di LKS. Untuk soal pertidaksamaan yang telah disajikan dalam LKS, siswa hanya perlu memperhatikan arah arsiran sesuai dengan bentuk pertidaksamaan. Melalui beberapa soal yang telah dikerjakan, siswa diminta untuk mengamati arah arsiran dan mengambil kesimpulan. Tujuannya agar siswa lebih memahami bagaimana arah arsiran jika diberikan soal tanpa menggunakan bantuan aplikasi. Selama siswa berdiskusi dalam kelompok, ternyata masih banyak dijumpai kendala yang dihadapi siswa.

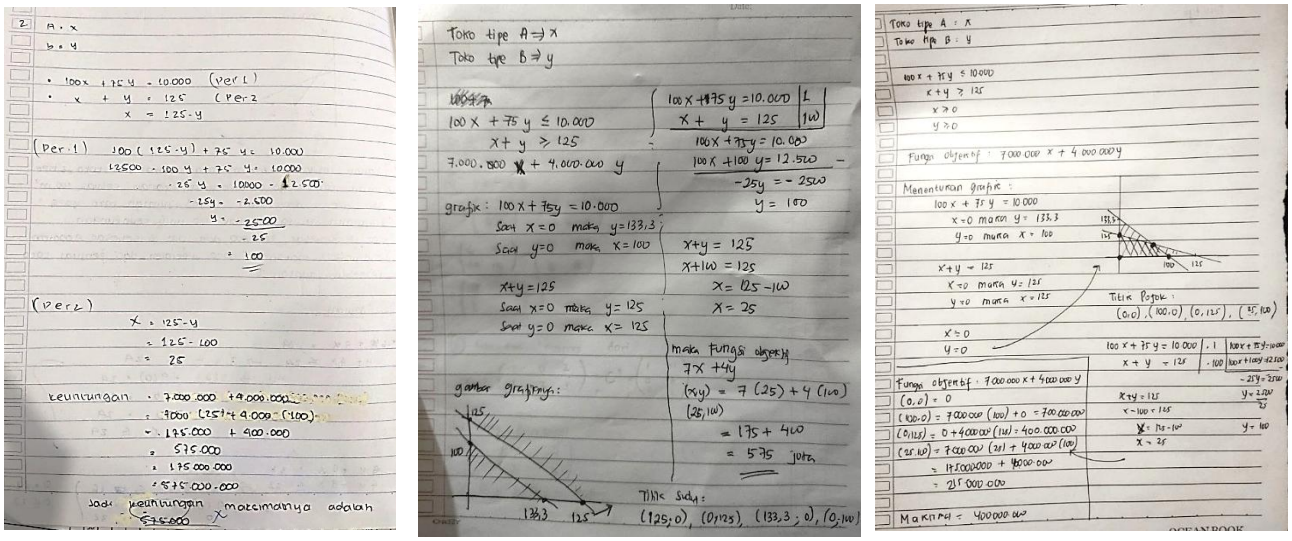
Ketika menghadapi soal cerita, siswa masih bingung dalam membuat permisalan dari soal ke bentuk simbol matematika. Masih terdapat beberapa siswa dalam kelompok yang bertanya ketika menjumpai kata "lebih sedikit dari" itu menggunakan simbol $\leq$ atau $\geq$. Ketika siswa telah mendapatkan bentuk pertidaksamaannya, maka siswa menggunakan aplikasi untuk mendapatkan daerah penyelesaian. Masalah muncul kembali ketika siswa bertanya yang mana daerah penyelesaiannya karena warna yang digunakan sebagai arsiran saling menutupi. Siswa kurang teliti memperhatikan setiap arah arsiran yang ada pada aplikasi, sehingga bingung menentukan daerah penyelesaian akhirnya. Hal inilah yang menyebabkan beberapa perbedaan pendapat dalam kelompok sehingga siswa bertanya kepada guru saat mereka bertahan dengan pendapat masing-masing. Setelah siswa mengetahui daerah penyelesaian, maka langkah selanjutnya adalah menentukan titik-titik yang membatasi daerah tersebut. Melalui aplikasi ini, akan terlihat maisng-masing titik yang membatasi daerah penyelesaian sehingga siswa dapat langsung menggunakan titik tersebut ke dalam bentuk persamaan yang diminta pada soal (nilai maksimum atau nilai minimum).

Setelah masing-masing kelompok selesai diskusi dan menyelesaikan soal pada LKS, guru memanggil 3 siswa yang berkemampuan matematika sedang dan rendah dari masing-masing kelompok untuk mempresentasikan hasil kerja kelompok mereka. Hal ini bertujuan agar semua siswa serius dalam melakukan diskusi kelompok dan siswa yang berkemampuan matematika sedang dan rendah juga memahami materi program linier. Setelah materi selesai dipresentasikan, guru dan siswa bersama-sama menyimpulkan bagaimana menyelesaikan bentuk pertidaksamaan dan soal cerita. Selanjutnya siswa diberi soal tes yang dikerjakan secara individu untuk mengetahui sejauh mana siswa telah memahami materi program linier dan melihat kesulitan yang dialami siswa dari proses penyelesaian yang mereka tulis. Berdasarkan lembar jawaban siswa, diambil perbandingan lembar jawaban siswa yang berkemampuan rendah (siswa 1), sedang (siswa 2), dan tinggi (siswa 3). Hasil masing-masing jawban adalah sebagai berikut. Siswa yang berkemampuan rendah memiliki nilai di bawah 60, siswa yang berkemampuan sedang memiliki nilai antara 60 hingga 80, dan siswa yang memiliki kemampuan tinggi memiliki nilai di atas 80.

Hasil pengerjaan soal tes pada siswa 1 yang berkemampuan rendah banyak mengalami kesulitan. Siswa 1 masih salah dalam mengubah soal cerita ke dalam model matematika. Hal ini dapat dilihat bahwa siswa masih salah dalam membuat permisalan, salah dalam menggunakan bentuk pertidaksamaan di fungsi kendala yang seharusnya simbol $\leq$ atau $\geq$ bukan tanda $=$. Siswa juga tidak menuliskan fungsi objektif yang menjadi jawaban akhir dari masalah yang diberikan. Namun dalam

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

proses penyelesaian mendapatkan nilai *x* dan *y*, siswa telah mampu menguasai konsep substitusi. Siswa 1 juga mengalami kesulitan dalam menggambar grafik sehingga daerah penyelesaian dari masalah yang diberikan tidak tampak. Ketika siswa mengalami kesulitan dalam membuat gambar, maka titik pojok daerah penyelesaian juga tidak dapat ditentukan sehingga fungsi objektif tidak dapat diselesaikan. Berikut hasil jawaban siswa 1 yang disajikan dalam Gambar 1(a).



(a) (b) (c)

Gambar 1. (a) jawaban siswa 1, (b) jawaban siswa 2, dan (c) jawaban siswa 3.

Wawancara yang dilakukan peneliti terhadap siswa 1 diperoleh informasi bahwa siswa 1 masih kesulitan dalam memahami soal cerita. Siswa 1 masih mengalami kendala dalam membuat simbol matematika dari soal cerita, menentukan tanda pertidaksamaan dari kata "tidak lebih dari", "paling banyak", "paling sedikit", dan "lebih banyak dari". Siswa 1 mengaku bahwa dia kesulitan dalam menggambar grafik, sehingga tidak dapat menentukan arah arsiran dan titik pojok. Siswa 1 hanya menggunakan titik *x* dan *y* dari hasil substitusi yang dimasukkan ke dalam fungsi objektif. Secara umum dapat disimpulkan bahwa siswa 1 mengalami beberapa kesulitan dalam menguasai konsep pertidaksamaan, menggambar grafik, menetukan daerah arsiran, menentukan titik pojok, bahkan kesulitan dalam menyelesaikan operasi perhitungan.

Hasil pengerjaan tes pada siswa 2 yang berkemampuan sedang mengalami beberapa kesulitan. Siswa 2 kesulitan dalam mengubah soal cerita ke dalam model matematika, keliru dalam menafsirkan soal cerita ke dalam tanda $\leq$ dan $\geq$, keliru dalam membuat grafik namun telah memahami konsep dalam menentukan arah arsiran. Siswa 2 juga telah memahami konsep penggunaan eliminasi dan substitusi serta titik pojok. Namun dalam proses penyelesaian hasil akhir, siswa 2 keliru dalam perhitungan sehingga hasil akhir yang diharapkan menjadi salah (keliru dalam menentukan nilai maksimum/minimum). Berikut hasil pengerjaan siswa 2 yang disajikan pada Gambar 1(b).

Hasil wawancara yang dilakukan pada siswa diperoleh informasi bahwa siswa 2 masih kesulitan menuangkan ide ke dalam simbol matematika. Siswa memahami masalah yang diberikan, namun untuk membuat permisalan dan penggunaan tanda $\leq$ dan $\geq$ masih mengalami kesulitan. Siswa 2 harus membaca soal berulang kali dan berpikir lebih lama untuk memilih dalam penggunaan tanda lebih besar atau lebih kecil. Siswa 2 mengakui kalau dia telah memahami menentukan arah arsiran dari hasil diskusi kelompok dan penggunaan kalkulator grafik. Siswa 2 kurang teliti dalam menyelesaikan hasil akhir karena mengaku terburu-buru dalam menyelesaikan hasil perhitungan.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Hasil pengerjaan tes pada siswa 3 yang berkemampuan tinggi tidak mengalami banyak kesulitan. Siswa 3 telah memahami soal cerita dan menuangkan ide ke dalam bentuk simbol matematika namun keliru dalam menentukan tanda lebih besar atau lebih kecil dari soal yang diberikan. Siswa 3 telah memahami konsep dalam menggambar grafik, namun keliru dalam menentukan arah arsiran. Siswa 3 telah memahami konsep penggunaan eliminasi dan substitusi, serta menentukan titik pojok. Dalam menyelesaikan hasil akhir dari fungsi objektif, siswa 3 mengalami sedikit kekeliruan dalam perhitungan sehingga hasil akhir yang diharapkan menjadi salah. Berikut hasil pengerjaan siswa 3 yang disajikan dalam Gambar 1(c).

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan pada siswa 3 diperoleh informasi bahwa siswa 3 telah memahami masalah yang diberikan dengan membaca soal secara perlahan. Siswa 3 menuangkan ide ke dalam simbol matematika namun dia mengakui bahwa masih kesulitan dalam memahami soal untuk menentukan tanda lebih besar atau lebih kecil. Siswa 3 mengatakan bahwa dia memahami bagaimana menggambar grafik namun keliru menentukan arah arsiran karena terburu-buru untuk mengarsir grafik. Untuk menentukan titik pojok, siswa 3 telah memahami konsepnya sehingga dapat menggunakan eliminasi dan substitusi. Hanya saja dalam mengerjakan fungsi objektif, siswa mengalami kekeliruan akibat dari terburu-buru untuk menyelesaikan tes yang diberikan tanpa memeriksa kembali hasil yang dibuat.

Berdasarkan analisis jawaban dari 3 siswa serta wawancara yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa masing-masing siswa memiliki kesulitan dalam menyelesaikan soal program linier. Kesulitan yang dialami yaitu menuliskan soal cerita ke dalam bentuk simbol matematika, menentukan tanda pertidaksamaan yang sesuai dengan maksud dari soal, membuat grafik yang sesuai dengan pertidaksamaan, menentukan arah arsiran, serta kekeliruan dalam melakukan operasi perhitungan. Untuk hasil analisis jawaban siswa secara keseluruhan, peneliti menemukan terdapat kesulitan yang dialami siswa dalam menyelesaikan soal cerita program linier, yang terbagi atas kesulitan prinsip, kesulitan konsep, dan kesulitan keterampilan.

Kesulitan konsep, Konsep merupakan pemahaman fundamental bagi siswa. Siswa dikatakan memahami suatu konsep saat siswa mampu mengelompokkan objek tertentu dengan tepat. Siswa yang mengalami kesulitan dalam memahami konsep adalah siswa yang membuat kekeliruan dalam pengelompokan objek. Analisis terhadap jawaban siswa menunjukkan bahwa ditemukan adanya kesulitan konsep yang terletak pada kesalahan siswa dalam menyelesaikan soal cerita. Siswa kesulitan dalam menerjemahkan soal cerita ke dalam bentuk simbol matematika. Siswa tidak memahami konsep bagaimana cara membuat permisalan yang sesuai dengan soal yang diberikan. Kesulitan konsep yang kedua didapatkan dari hasil analisis jawaban siswa adalah kesulitan dalam menentukan arah arsiran. Siswa belum memahami kapan arah arsiran ke atas/kanan dan arah arsiran ke bawah/kiri. Walaupun telah menggunakan bantuan aplikasi kalkulator grafik untuk mempermudah siswa dalam memahami konsep, namun yang terjadi dilapangan masih banyak siswa yang salah saat menentukan arah arsiran. Kesulitan konsep ketiga yang didapat dari hasil analisis jawaban siswa adalah kesulitan dalam menentukan titik pojok pada pertidaksamaan yang telah dibuat. Siswa kesulitan dalam menentukan titik pojok dari gambar yang telah dibuat. Hal ini didapat saat siswa belum memahami yang mana daerah penyelesaian dari arsiran yang telah dibuat. Siswa juga masih keliru dalam menentukan koordinat titik yaitu yang mana sumbu x dan sumbu y. Akibatnya siswa salah dalam menuliskan koordinat titik dan berdampak pada kesalahan dalam mencari nilai maksimum dan minimum. Kesalahan dalam menyelesaikan soal cerita ini tidak hanya terjadi pada siswa yang memiliki kemampuan rendah saja, namun juga terjadi pada siswa yang mempunyai kemampuan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

sedang dan tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pemahaman konsep pembelajaran matematika itu sangatlah krusial. Kekeliruan dalam memahami suatu konsep dapat memicu kesalahan lainnya, menyebabkan siswa menghadapi kesulitan dalam memahami konsep tersebut.

Kesulitan prinsip adalah kondisi siswa yang kesulitan dalam penggunaan rumus walaupun siswa ini mengetahui rumusnya. Siswa dapat dinyatakan mengalami kesulitan prinsip saat tidak dapat menentukan konsep yang ada di dalam prinsip. Hasil analisis pada lembar jawaban siswa, dijumpai kesulitan prinsip yang terletak pada penulisan bentuk pertidaksamaan di materi program linier. Siswa masih kesulitan menggunakan tanda lebih besar sama dengan atau lebih kecil sama dengan. Hal ini disebabkan karena siswa belum memahami kata "tidak lebih dari", "paling banyak", "paling sedikit", dan "lebih banyak dari" dan menghubungkan kata tersebut ke dalam tanda lebih besar sama dengan atau lebih kecil sama dengan. Siswa masih kesulitan dalam berpikir secara logika. Kesulitan lain yang dialami siswa adalah kesalahan dalam menggunakan rumus dengan metode eliminasi dan subsitusi untuk mendapatkan nilai *x* dan nilai *y*.

Kesulitan keterampilan, dimana keterampilan merupakan cara atau langkah yang digunakan dalam menyelesaikan soal matematika, seperti penggunaan operasi perhitungan dan membuat grafik. Dalam operasi perhitungan, siswa harus memiliki keterampilan dalam perkalian, pembagian, pengurangan, dan penjumlahan sebagai modal dasar dalam menyelesaikan semua perhitungan matematika. Berdasarkan hasil analisis jawaban siswa, kesulitan keterampilan terlihat saat siswa menyelesaikan soal, yaitu siswa keliru dalam menggunakan operasi perhitungan, dan keliru saat menyelesaikan dua bilangan setara yang seharusnya diselesaikan operasi perhitunagnnya terlebih dahulu, seperti $2x + 3 = 5$. Seharusnya sisi kiri dan kanan sama-sama dikurangi tiga agar sisi kiri hanya tersisa 2*x* dan dapat dicari berapa nilai *x*. Namun pada kenyataan di lapangan, masih ada siswa yang salah dalam menyelesaikan ini. Siswa justru menambah angka tiga di sisi kiri dan kanan sehingga hasil nilai *x* menjadi salah. Kesalahan lainnya yaitu saat tersisa $2x = 2$. Nilai *x* seharusnya diperoleh dengan membagi bilangan menjadi $\frac{2}{2}$. Namun yang terjadi dilapangan, masih dijumpai adanya siswa mengurangi kedua angka sehingga hasil *x* menjadi nol. Namun masih terdapat beberapa siswa yang jawabannya salah dalam beberapa langkah karena kurang teliti dalam menyelesaikan perhitungan, bukan karena siswa tersebut tidak paham dalam menggunakan operasi perhitungan.

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan peneliti selama pembelajaran berlangsung, terdapat beberapa faktor yang menyebabkan siswa kesulitan selama belajar matematika, yaitu kurangnya motivasi siswa dalam belajar karena kurang tertarik belajar matematika. Faktor kedua yaitu kurangnya rasa percaya diri sehingga tidak berani mengungkapkan pendapat saat diskusi kelompok dan hal ini membuat diri sendiri meyakini bahwa tidak mampu belajar matematika. Faktor ketiga adalah adanya teman yang suka meledek saat diskusi berlangsung (suka menjatuhkan pendapat teman) sehingga menurunkan semangat dan motivasi teman yang lain. Hal ini perlu menjadi perhatian guru saat menemukan situasi yang kurang nyaman dalam kelompok diskusi.

Kesulitan yang dialami siswa ini sesuai dengan penelitian Utami et al,. (2022) serta Nurjanah et al., (2018). Penelitian yang dilakukan oleh Gustianingum & Kartini (2021) menyatakan bahwa terdapat faktor yang menjadi penyebab kesulitan siswa dalam mengerjakan soal yakni minimnya pemahaman konsep matematika serta kurang teliti dalam perhitungan. Penyebab lain kesulitan siswa dalam menyelesaikan soal program linier adalah siswa kurang memahami materi prasyarat, seperti ungkapan Epriyanti (2016) yaitu siswa kesulitan dalam belajar sistem persamaan linier dua variabel (SPLDV). Hasil penelitian Fatimah (2015) menyatakan faktor penyebab siswa mengalami kendala

dalam menyelesaikan soal cerita sistem persamaan dan pertidaksamaan linier adalah belum mampu dalam penggunaan model matematika, kesulitan dalam menyelesaikan hasil akhir dengan menggunakan eliminasi dan substitusi, belum memahami konsep pembuatan grafik, dan kurang teliti dalam melakukan perhitungan. Wahyuningsih (2022) menjelaskan bahwa kendala siswa dalam memahami materi persamaan dan pertidaksamaan linier satu variabel disebabkan karena kurangnya guru memberikan soal tidak rutin dan berhubungan dengan kehidupan sehari-hari. Agar siswa lebih terampil dalam menyelesaikan soal, maka guru seharusnya memberikan soal cerita supaya siswa merasakan manfaat dari mempelajari materi tersebut. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu dapat disimpulkan bahwa ketika siswa belum memahami konsep dasar matematika (operasi perhitungan), maka siswa akan mengalami kesulitan dalam belajar matematika tingkat lanjut. Guru harus dapat membuat pembelajaran yang menyenangkan di dalam kelas agar siswa tetap termotivasi dan tertarik untuk terus belajar.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian dan pembahasan di atas adalah siswa menghadapi kesulitan konsep, kesulitan prinsip, dan kesulitan keterampilan. Berdasarkan hasil ini disimpulkan bahwa terdapat beberapa siswa mengalami kendala dalam penyelesaian masalah program linier. Guru telah memberikan media pembelajaran berupa penggunaan aplikasi kalkulator grafik Matlab agar siswa lebih mudah memahami materi, berdiskusi dengan teman kelompok dalam menyelesaikan soal yang diberikan. Akan tetapi pada kenyataan di lapangan, ditemukan adanya siswa yang memerlukan pemahaman lebih lanjut untuk materi program linier ini. Oleh sebab itu guru perlu melatih siswa untuk menyelesaikan masalah matematika dikehidupan sehari-hari. Hambatan yang dialami siswa juga disebabkan oleh kurangnya memahami materi prasyarat, yaitu sistem persamaan dan pertidaksamaan linier dua variabel serta menggambar grafik sesuai persamaan yang diberikan. Berdasarkan kesulitan yang dialami siswa, hendaknya ada dilakukan penelitian lanjutan untuk menindaklanjuti kesulitan siswa agar ditemukan solusi untuk meminimalkan kesalahan siswa dalam menyelesaikan soal di program linier.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Nurlida Sari, MA sebagai kepala sekolah yang telah memberi izin untuk melakukan penelitian, kepada Bapak M.Yusuf, S.Pd.I. Lc, MH selaku wali kelas yang telah membantu selama penelitian, kepada siswa kelas XI Ilmu Agama atas partisipasi dan antusiasnya selama pembelajaran berlangsung. Ucapan terima kasih juga kepada suami tercinta, Hafidh Khalifatullah Haq dan keluarga besar atas motivasi dan dukungannya selama penelitian hingga penulisan artikel ini selesai, dan juga kepada teman-teman Pendidikan Matematika S3 kelas B atas dukungan dan saran dalam penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

Aprillia, Muchtadi, Astuti. 2024. Pengembangan Media Pembelajaran. *J-PiMat, 6(1).*

Cahyono, Budi. (2013). Penggunaan Software Matrix Laboratory dalam Pembelajaran Aljabar Linier. Phenomenon *Jurnal Pendidikan MIPA*, 1(1), 45-62. DOI: 10.21580/phen.2013.3.1.174

Chotimah, Mardiyana, Pramudya. (2016). Analisis Kesulitan Siswa dalam Memecahkan Masalah Materi Program Linear Ditinjau dari Kemampuan Memahami Bacaan Siswa Kelas XI SMA MTA Surakarta Tahun Pelajaran 2016 / 2017. *Prosiding Seminar Matematika dan Pendidikan Matematika* (p. 99–110). Surakarta : Universitas Sebelas Maret.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Epriyanti, Sutriana. (2016). Deskripsi Analisis Kesulitan dalam Menyelesaikan Soal SPLDV Siswa SMA Kelas XI. *Skripsi*. Salatiga : Universitas Kristen Satya Wacana

Erliani. (2022). Analisis Kesulitan Peserta Didik dalam Matematisasi Materi Program Linier. *Journal of Mathematics Learning Innovation (JMLI)*, 1(2), 111-124. https://doi.org/10.35905/jmlipare.v1i2.3491

Fatimah, Siti. (2015). Analisis Kesulitan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Cerita Sistem Persamaan dan Pertidaksamaan Linier di Kelas X SMK Prawira Marta Kartasura Tahun Ajaran 2014/2015. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika.* (p. 49-61). Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Fritz, A., Haase, V. G., & Räsänen, P. (2019). International Handbook of Mathematical Learning Difficulties: From the Laboratory to the Classroom. *In International Handbook of Mathematical Learning Difficulties: From the Laboratory to the Classroom. Springer International Publishing*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97148-3

Gustianingum, Kartini. (2021). Analisis Kesalahan Siswa Berdasarkan Objek Matematika Menurut Soedjadi pada Materi Determinan dan Invers Matriks. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(2), 235–244. https://doi.org/10.31980/mosharafa.v 10i2.977

Hamzah, Muhlisraini. (2014). *Perencanaan dan Strategi Pembelajaran Matematika*. Depok: PT Rajagrafindo Persada.

Milles, Huberman. (1992). *Analisis Data Kualitatif*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.

Noviasti, Sedyatmi. (2020). Penggunaan Media Matlab Berbasis Android Terhadap Pemahaman Kemampuan Konsep Matematis Siswa. *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika* (p. 519-521). Purwokerto : Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Nurjanah, Istiqomah, Sujadi. (2018). Analisis Kesulitan Siswa dalam Menyelesaikan Soal-Soal dalam Program Linear pada Siswa Kelas X TKJ SMK PIRI 2 Yogyakarta. *Prosiding Seminar Nasional Etnomatnesia* (p.821-827). ISBN: 978-602-6258-07-6

Tanzimah. 2018. Pembelajaran Program Linear Menggunakan Aplikasi Komputer GeoGebra. *Prosiding Seminar Nasional 21 Universitas PGRI Palembang.* ISBN: 978-602-52451-0-7

Trizulfianto, Anggreini, Waluyo. (2017). Analisis Kesulitan Siswa dalam Memecahkan Masalah Matematika Materi Program Linier Berdasarkan Gaya Belajar Siswa. *UNION: Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(2), 195-208. https://doi.org/10.30738/.v5i2.1229

Utami, Hidayanto, Sisworo. (2022). Kesulitan Peserta Didik dalam Menyelesaikan Soal Program Linier pada Pembelajaran Daring. *Mosharafa : Jurnal Pendidikan Matematika*. 11(2), 257-268. https://doi.org/10.31980/mosharafa.v11i2.704

Utari, Wardana, Damayani. (2019). Analisis Kesulitan Belajar Matematika dalam Menyelesaikan Soal Cerita. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 3(4), 545–552. DOI: 10.23887/jisd.v3i4.22311

Wahab, Rohmalina. (2015). *Psikologi Belajar*. Depok : PT Raja Grafinda Persada.

Wahyuningsih, Baiq. (2022). Analisis Kesulitan Pemahaman Siswa Pada Pembelajaran Matematika Materi Persamaan dan Pertidaksamaan Linier Satu Variabel. *Masaliq : Jurnal Pendidikan dan Sains*, 2(4), 559-571. DOI: 10.58578/masaliq.v2i4.463

Widodo, S. A. (2014). Ekperimentasi Pembelajaran CPS Ditinjau dari Kemampuan Awal Terhadap Prestasi Belajar Interpolasi. *Jurnal Pendidikan Progresif*, 4(1). http://dx.doi.org/10.23960/jpp

Zaura, Ellianti, Sinesia. (2022). Identifikasi Kesulitan Siswa dalam Menyelesaikan Soal pada Materi Program Linier di SMA. *Jurnal Peluang*, 10(1), 45-53. DOI 10.24815/jp.v10i1.27887.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbasis Komik Digital Untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa Kelas VII SMP Negeri 17 Medan

Lolo Kholiza Banurea[1*], Tiur Malasari Siregar[2]
[1,2]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author: lolokholizabanurea@gmail.com*

Abstrak, kemajuan teknologi di era digital memberikan peluang besar untuk meningkatkan pembelajaran matematika. Tujuan dari studi ini adalah merancang dan menghasilkan komik digital sebagai media pembelajaran alternatif guna meningkatkan ketertarikan siswa dalam mempelajari Pembelajaran tentang bangun datar di kelas VII SMP Negeri 17 Medan. Berdasarkan penerapan metode Research and Development (R&D) serta model pengembangan ADDIE, penelitian ini mengindikasikan komik digital memiliki tingkat validitas yang sangat tinggi. Hal ini terlihat dari penilaian ahli media sebesar 89,7% dan ahli materi sebesar 89,3%. Selain itu, berdasarkan tanggapan dari ahli materi (89,3%), ahli media (90%), guru (88,6%), serta siswa (84,7%), komik digital ini dinilai memiliki tingkat kepraktisan yang tinggi. Komik digital ini terbukti efektif, sebagaimana ditunjukkan oleh respon siswa yang mencapai 90,6%, Terjadi kenaikan ketertarikan dalam belajar dari 45,8% menjadi 85%, dengan nilai N-gain sebesar 0,70 yang mencerminkan tingkat peningkatan tersebut. Komik digital sebagai sarana edukatif berpotensi menjadi pilihan yang bermanfaat bagi guru dan siswa dalam mempelajari materi bangun datar dengan cara yang lebih menarik dan efektif.
Kata kunci: Bangun Datar; Komik Digital; Minat Belajar; Model R&D; Pembelajaran Matematika

Abstract*, technological advancements in the digital era provide significant opportunities to enhance mathematics learning. The aim of this study is to develop a digital comic as an alternative learning medium to increase students' interest in studying plane geometry in Grade VII at SMP Negeri 17 Medan. Based on the implementation of the Research and Development (R&D) method and the ADDIE development model, this study indicates that the digital comic has a very high level of validity. This is evident from the assessments of media experts at 89.7% and material experts at 89.3%. Additionally, based on feedback from material experts (89.3%), media experts (90%), teachers (88.6%), and students (84.7%), the digital comic is considered to have a high level of practicality. The digital comic has proven to be effective, as shown by student responses reaching 90.6%. There was an increase in learning interest from 45.8% to 85%, with an N-gain score of 0.70, reflecting the level of improvement. As an educational tool, digital comics have the potential to be a valuable option for teachers and students in learning plane geometry in a more engaging and effective way.*
Keywords *Plane Geometry; Digital Comics; Learnig Interest; Model R&D; Mathematics Education*

Citation : Banurea, L. K., & Siregar, T. M. (2024). Pembangunan Script Python untuk Menunjukkan Solusi dari Persamaan Diferensial Menggunakan Metode Extended Runge-Kutta. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 642 – 650.

PENDAHULUAN

Pendidikan memegang peranan krusial dalam membentuk generasi masa depan yang cerdas serta berakhlak mulia. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional, pendidikan merupakan upaya yang disengaja dan terstruktur untuk menciptakan proses pembelajaran yang memungkinkan peserta didik secara aktif mengembangkan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

potensinya, termasuk aspek spiritual, pengendalian diri, karakter, kecerdasan, serta keterampilan yang dibutuhkan dalam kehidupan bermasyarakat, berbangsa, dan bernegara. Di era Revolusi 4.0, teknologi menjadi fondasi utama dalam kehidupan manusia dan mempengaruhi berbagai aspek, termasuk pendidikan (Ghobakhloo, 2020; Antonelli et al., 2019). Internet dan teknologi digital mempercepat transformasi di berbagai sektor, dengan pendidikan menjadi kunci kemajuan bangsa (Leonard, 2020). Pendidikan yang unggul memiliki peran Penting dalam menciptakan sumber daya manusia yang unggul dan berdaya saing, yang merupakan ciri utama negara maju (Solano & Rooks, 2018) Dalam era Revolusi Industri 4.0, dunia pendidikan perlu menyesuaikan diri dengan kemajuan teknologi informasi dan komunikasi guna mendukung proses belajar-mengajar (Antonelli et al., 2019).

Matematika merupakan bidang studi fundamental dalam pendidikan di Indonesia dan memiliki peran krusial dalam menentukan kelulusan siswa. Meskipun matematika sangat relevan dalam kehidupan sehari-hari, banyak siswa menganggapnya sulit dan menakutkan (Stoica, 2015). Prestasi matematika di Indonesia juga tergolong rendah, dengan hasil TIMSS 2015 Mengindikasikan bahwa Indonesia menempati posisi ke-45 dari 50 negara, dengan nilai rata-rata di bawah standar internasional. Minat belajar adalah sikap positif siswa terhadap proses belajar (Andriani & Rasto, 2019). Namun, minat siswa terhadap matematika masih rendah, karena mata pelajaran ini dianggap sulit dan membosankan. Akibatnya, siswa kurang terlibat aktif dalam pembelajaran dan hanya belajar menjelang ujian, tanpa upaya yang konsisten untuk memahami konsep dasar.

Komik digital dapat menjadi media yang menarik dan menyenangkan, yang memadukan gambar dan teks untuk menyampaikan informasi. Komik dapat mengilustrasikan konsep-konsep matematika secara visual dan naratif, yang membuatnya Lebih mudah dimengerti dan lebih memikat bagi siswa. Namun, realitas pendidikan masih jauh dari berfungsinya sistem secara optimal serta pencapaian tujuan yang diharapkan. Observasi di kelas VII SMP Negeri 17 Medan pada 27 Oktober 2023 menunjukkan bahwa guru masih mengandalkan media pembelajaran tradisional, seperti buku paket dan penjelasan lisan. Pernyataan ini didukung oleh wawancara dengan Ibu Handayani Prasetia, S.Pd., yang mengonfirmasi bahwa dalam pengajaran matematika, guru hanya mengandalkan buku dan papan tulis sebagai media pembelajaran.

Ibu Handayani Prasetia, S.Pd., setuju bahwa perlu dilakukan pengembangan media pembelajaran, terutama dalam matematika, untuk meingkatkan minat siswa dalam belajar. Peneliti berminat untuk mengembangkan media pembelajaran yang lebih beragam. Menggunakan komik sebagai media pembelajaran dapat menjadi cara efektif untuk meningkatkan minat siswa dalam belajar. Menurut Nurhayati et al. (2018), komik mengandung pesan yang dapat memperjelas materi, menarik perhatian, dan Menumbuhkan rasa keingintahuan siswa. Selain itu, menurut Sudjana dan Rivai dalam Ani Dwi Saputro, komik dapat berfungsi sebagai media untuk menyampaikan informasi dalam berbagai disiplin ilmu dengan cara yang menarik dan informatif, bukan sekadar untuk hiburan.

Perkembangan teknologi telah mengubah komik menjadi format digital, memungkinkan penyesuaian karakter dalam bentuk animasi atau gambar hidup. Komik digital memudahkan guru untuk menambahkan elemen animasi dan suara dalam penyajian materi, sehingga mengurangi beban dalam membuat gambar secara manual. Dengan adanya aplikasi komik, guru dapat dengan mudah menggunakan gambar animasi atau foto yang diambil melalui kamera elektronik dan mengonversinya menjadi gambar komik. Saat ini, terdapat berbagai aplikasi untuk membuat komik yang tersedia di berbagai platform, salah satunya adalah Canva.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

METODE PENELITIAN

Penelitian ini berfokus pada perancangan media pembelajaran, sehingga masuk dalam kategori penelitian pengembangan. Metode yang diterapkan adalah Research and Development (R&D), atau yang dikenal sebagai riset dan pengembangan. Penelitian pengembangan merupakan suatu pendekatan yang bertujuan untuk menghasilkan atau meningkatkan kualitas produk yang telah ada (Wynarti, 2018). Dalam upaya mendukung pembuatan media pembelajaran, peneliti menggunakan model pengembangan ADDIE, yang mencakup lima tahap: analisis (analysis), perancangan (design), pengembangan (development), implementasi (implementation), dan evaluasi (evaluation).

Kegiatan awal sebelum mengembangkan media pembelajaran berbasis komik digital ini adalah tahap analisis. Dalam penelitian ini, terdapat tiga tahapan analisis, yaitu Analisis terhadap perangkat pembelajaran, proses belajar-mengajar, serta perilaku siswa. Pada 27 Oktober 2023, tahap analisis dilaksanakan melalui studi pendahuluan yang mencakup diskusi dengan pengajar matematika serta siswa kelas VII SMP Negeri 17 Medan. Tujuan dari analisis perangkat pembelajaran adalah untuk merancang, menentukan, dan merinci struktur materi ajar yang akan disampaikan kepada siswa.

Tahap desain merupakan proses perencanaan dalam pengembangan media pembelajaran berbasis komik digital. Pada tahap ini, disusun materi, skenario komik digital, serta instrumen angket dan lembar validasi yang digunakan untuk menilai kualitas Media pembelajaran yang sudah dirancang. Jika pada tahap ini komik digital dinyatakan memenuhi kriteria kelayakan, maka proses akan berlanjut ke tahap pengembangan. Tahap berikutnya adalah tahap pengembangan, di Media pembelajaran yang telah dibuat akan disempurnakan Menjadi media yang sempurna melalui tiga proses. Tahap pertama adalah pra produksi komik digital merupakan penggabungkan setiap adegan dan melakukan peninjauan ulang terhadap komik digital secara menyeluruh. Tahap kedua adalah produksi komik digital, dilakukan dengan berpedoman pada skenario komik digital yang sudah jadi. Kemudian tahap ketiga uji ahli yakni melakukan uji validitas oleh ahli materi dan ahli media. Selama tahap uji ahli, data kuantitatif dikumpulkan melalui instrumen validasi, sedangkan data kualitatif diperoleh dari saran dan rekomendasi validator. Uji validitas ini penting dilakukan untuk mengidentifikasi dan memperbaiki kesalahan pada komik digital sebelum uji coba terbatas dilakukan. Tujuan dari tahap ini adalah memastikan bahwa media komik digital dapat digunakan sesuai dengan modul ajar yang telah divalidasi serta selaras dengan materi pembelajaran. Instrumen skala Likert terdiri dari empat kategori penilaian: Sangat Layak dengan skor 4, Layak dengan skor 3, Cukup Layak dengan skor 2, dan Tidak Layak dengan skor 1.

Metode yang diterapkan untuk menganalisis data: P = $\frac{f}{N}$ x 100%, dimana P = Persentase hasil, f = Total skor yang didapat dan N = Skor tertinggi yang dapat dicapai. Hasil validasi komik digital dapat disimpulkan berdasarkan kriteria Sangat Valid (79,7% < Skor ≤ 100%), Cukup Valid (59,5% < Skor ≤ 79,7%), Kurang Valid (39,2% < Skor ≤ 59,5%), dan Tidak Valid (19% < Skor ≤ 39,2%). Kemudian pelaksanaan uji coba berlangsung di dalam kelas VII-3 bersama seorang guru matematika wajib. Media pembelajaran komik digital diperlihatkan kepada lima siswa yang dipilih secara acak dan guru, di luar jam pelajaran. Siswa diminta mengisi angket untuk menilai apresiasi, mengisi angket kepraktisan, dan Tingkat ketertarikan belajar sebelum dan setelah memanfaatkan media. Hasil evaluasi digunakan untuk merevisi media pembelajaran.

Analisis respons terdiri dari empat kategori: Sangat Setuju (SS) dengan nilai 4, Setuju (S) dengan nilai 3, Tidak Setuju (TS) dengan nilai 2, dan Sangat Tidak Setuju (STS) dengan nilai 1. Metode perhitungan yang dimanfaatkan untuk menganalisis respons kepraktisan menerapkan

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

persamaan V_p=$\frac{TSE_P}{S_{max}}$ x 100 %, dimana V_p= Presentaase hasil, TSE_P= Total skor yang didapat dan S_{max}= Skor tertinggi yng dapat dicapai. Kepraktisan komik digital dinilai sebagai berikut: Sangat Praktis (76% < Skor ≤ 100%), Praktis (51% < Skor ≤ 75%), Kurang Praktis (26% < Skor ≤ 50%), dan Tidak Praktis (0% < Skor ≤ 25%). Untuk respons siswa dikumpulkan menggunakan skala Guttman dengan jawaban "Ya" dan "Tidak," serta dihitung menggunakan persamaan R= $\frac{\sum r}{\sum x_r}$ x 100%, dimana R = Persentase siswa yang menjawab "Ya", $\sum r$= Total siswa yang memilih, dan $\sum x_r$= Total siswa. Sedangkan untuk menentukan peningkatan minat belajar siswa dihitung menggunakan rumus N-Gain dengan persamaan $g = \frac{S_{post} - S_{pre}}{S_{maks} - S_{pre}}$ dan kategori perolehan skor N-Gain terdiri dari tiga tingkat: Tinggi (g ≥ 0,7), Sedang (0,3 ≤ g ≤ 0,7), dan Rendah (g ≤ 0,3).

Tahap pelaksanaan dilakukan setelah para pakar memastikan bahwa media pembelajaran telah lolos evaluasi kelayakan. Kemudian, media pembelajaran digunakan oleh peserta didik. Selanjutnya, peneliti mengumpulkan data melalui survei siswa guna menilai keberhasilan pengembangan media pembelajaran. Tahap ini bertujuan untuk mengukur kualitas media pembelajaran serta meninjau peningkatan ketertarikan siswa dalam menggunakannya. Tahap terakhir merupakan tahap evaluasi yang bertujuan untuk mengidentifikasi hasil penilaian terhadap media pembelajaran dalam meningkatkan ketertarikan siswa terhadap belajar matematika. Dalam tahap ini, pengembang melakukan analisis terhadap data yang diperoleh melalui kuesioner atau teknik evaluasi lainnya. Jika hasil data mengindikasikan bahwa pemanfaatan media pembelajaran komik digital berdampak positif terhadap minat belajar siswa, maka penelitian ini dianggap berhasil mencapai tujuannya.

Sebanyak 30 siswa kelas VII-3 SMP Negeri 17 Medan turut serta sebagai subjek dalam penelitian iniObjek dalam penelitian ini berupa media pembelajaran berbentuk komik digital. Pengumpulan data dalam pengembangan media interaktif ini dilakukan melalui empat metode yaitu wawancara dengan guru dan siswa untuk mengidentifikasi kebutuhan media pembelajaran, observasi guna mengkaji perangkat pembelajaran, pencapaian tujuan, serta perilaku siswa di kelas, lembar validasi untuk memperoleh masukan dari para ahli dalam meningkatkan kualitas media, dan angket sebagai alat evaluasi dari pakar, guru, serta siswa terkait minat belajar menggunakan komik digital.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan Analysis, diawali dengan analisis perangkat pembelajaran, SMP Negeri 17 Medan mengacu pada Kurikulum 2013, dengan materi bangun datar sebagai topik utama dalam penelitian ini. Kemudian dilanjutkan analisis proses pembelajaran. Berdasarkan hasil observasi menunjukkan bahwa guru menerapkan metode ceramah dan diskusi, dimulai dengan salam, pengecekan kehadiran, serta ulasan materi yang telah dipelajari sebelumnya. Pendekatan yang digunakan guru dalam menyampaikan materi meliputi penjelasan melalui definisi, rumus, serta contoh soal di papan tulis. Selanjutnya, siswa yang dipilih secara acak diminta untuk mengerjakan soal dan diberikan kesempatan untuk menunjuk teman lain. Waktu pembelajaran digunakan secara efektif sesuai dengan durasi yang tersedia, dengan media pembelajaran berupa buku paket, papan tulis, dan spidol. Kegiatan pembelajaran diselesaikan dengan merefleksikan kembali materi yang telah dipelajari dan diakhiri dengan salam. Kemudian dilanjutkan Analisis Perilaku Peserta Didik diamana akan dilakukan untuk mengidentifikasi respons dan keterlibatan siswa selama berlangsungnya proses belajar mengajar Berdasarkan hasil observasi, minat belajar siswa tergolong rendah, yang terlihat dari kurangnya perhatian mereka serta keengganan untuk menjawab soal. Pembelajaran matematika sering

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

disampaikan dengan cara yang monoton tanpa menggunakan media pembelajaran yang menarik. Guru juga menghadapi kesulitan dalam memanfaatkan teknologi untuk menciptakan media pembelajaran. Di sisi lain, siswa menunjukkan antusiasme terhadap media yang melibatkan elemen gambarKarena itu, peneliti merancang media komik digital guna meningkatkan minat siswa dalam belajar matematika serta mendukung pembelajaran mandiri di luar lingkungan kelas.

Pada tahap Desain, peneliti merancang pengembangan komik digital dengan langkah-langkah berikut: 1) membuat cover, 2) menyusun materi, 3) merancang skenario untuk komik digital, 4) mempersiapkan peralatan dan bahan yang diperlukan, 5) membuat latar belakang serta ilustrasi pendukung untuk komik digital, dan 6) Merancang instrumen untuk menilai kelayakan media, efektivitas penggunaan media, analisis kualitas media, serta tingkat ketertarikan siswa dalam belajar matematika, termasuk validasi modul ajar.

Tahapan development diawalai dengan subtahapan pra produksi komik digital, daiaman pada sub tahap ini, langkah pertama adalah menyiapkan berbagai materi dan perangkat yang diperlukan untuk pengembangan komik digital, seperti PC, laptop, atau ponsel dengan akses browser internet, perangkat lunak Canva dan Heyzine, koneksi internet, serta mikrofon atau earphone. Setelah itu dilanjutkan pada sub tahapan produksi komik digital. Berikut ini merupakan visualisasi hasil pengembangan komik digital pembelajaran matematika yang dibuat menggunakan Canva.



(a) (b) (c)

Gambar 1. Tampilan (a) cover, (b) Perkenalan karakter, (c) awal dialog

Gambar 1(a) menunjukkan tampilan cover komik digital, yang mencakup judul dan identitas penulis. Kemudian gambar 1(b) merupakan tampilan kedua komik digital ini berisi pendiskripsian tokoh-tokoh pada komik digital. Sedangkan gambar 1(c)merupakan tampilan yang berisi dialog awal antara tokoh-tokoh di dalam komik digital**.** Tampilan yang lain juga terdapat penyajian materi yang disusun berdasarkan capaian dan tujuan pembelajaran dalam kurikulum, sehingga penyusunan materi dapat dilakukan.

Dalam proses validasi, dua dosen matematika dan satu guru matematika dari SMP Negeri 17 Medan bertugas sebagai validator. Komentar dan saran dari ahli materi serta ahli media dijadikan pertimbangan oleh pengembang dalam merevisi komik digital, yang disajikan dalam tabel 1:

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Tabel 1. Saran Validator Media dan materi

Validator	Komentar/Saran Terkait	
	Media	Materi
Validator 1	Telah direvisi sesuai saran validator	Telah direvisi sesuai saran validator
Validator 2	Pastikan konsep bangun datar sesuai dengan capaian pembelajaran sesuai kurikulum	Pastikan semua visual memiliki keterangan yang jelas dan relevan dengan isi teks
Validator 3	Lakukan pemeriksaan kembali untuk mengoreksi kesalahan dalam tata bahasa, ejaan, serta penggunaan tanda baca.	Buat komik digital ini kedalam sebuah link agar mudah diakses

Validasi komik digital oleh ahli materi 1 (91,6%), ahli materi 2 (90,2%), ahli materi 3 (86,1%), ahli media 1 (94,1%), ahli media 2 (89,7%), dan ahli media 3 (85,3%). Hasil validasi dari para ahli menunjukkan bahwa komik digital yang dikembangkan telah memenuhi standar kelayakan dengan tingkat kualitas yang tinggi.

Pada uji coba terbatas Guru mata pelajaran dan lima siswa dari kelas VII-3 mengisi angket kepraktisan. Hasil kuesioner kepraktisan komik digital oleh guru mata pelajaran sebesar 39 point (88,6%). Sedangkan rata-rata hasil kuesioner kepraktisan komik digital oleh siswa sebesar 87,7%, untuk lebih detail dapat melihat tabel 2. Kepraktisan komik digital menurut guru dan siswa pada tahap uji coba terbatas tergolong dalam kategori sangat praktis, karena seluruh rata-rata persentase mencapai minimal 76%.

Tabel 2. Hasil Kuesioner Kepraktisan Komik Digital oleh Siswa dalam Uji Coba Terbatas.

Responden	Skor Yang Diperoleh	Persentase
PD1	40	90,9%
PD2	40	90,9%
PD3	36	81,8%
PD4	38	86,3%
PD5	39	88,6%
Rata-Rata	38,6	87,7%

Hasil kuesioner mengenai tanggapan siswa terhadap komik digital menunjukkan bahwa proporsi siswa yang merespons positif dengan memilih "Ya" mencapai (98,3%), sementara yang memilih "Tidak" sebesar (1,67%). Hal ini mengindikasikan bahwa penerimaan siswa terhadap media pembelajaran komik digital sangat tinggi, karena persentasenya melebihi 80%. Selanjutnya, akan dipaparkan peningkatan minat belajar siswa berdasarkan hasil pretest dan posttest setelah penggunaan media pembelajaran komik digital.

Tabel 3. Perubahan Minat Belajar Siswa dalam Uji Coba Terbatas.

Aspek	Pretest	Posttest	Nilai Maks	Persentase	
				Pretest	Posttest
Rasa Tertarik	30	52	60	50,0%	86,6%
Perhatian	25	36	40	62,5%	90,0%
Perasaan Senang	21	34	40	52,5%	85,0%
Keinginan/ Kesadaran	41	55	60	68,3%	91,6%

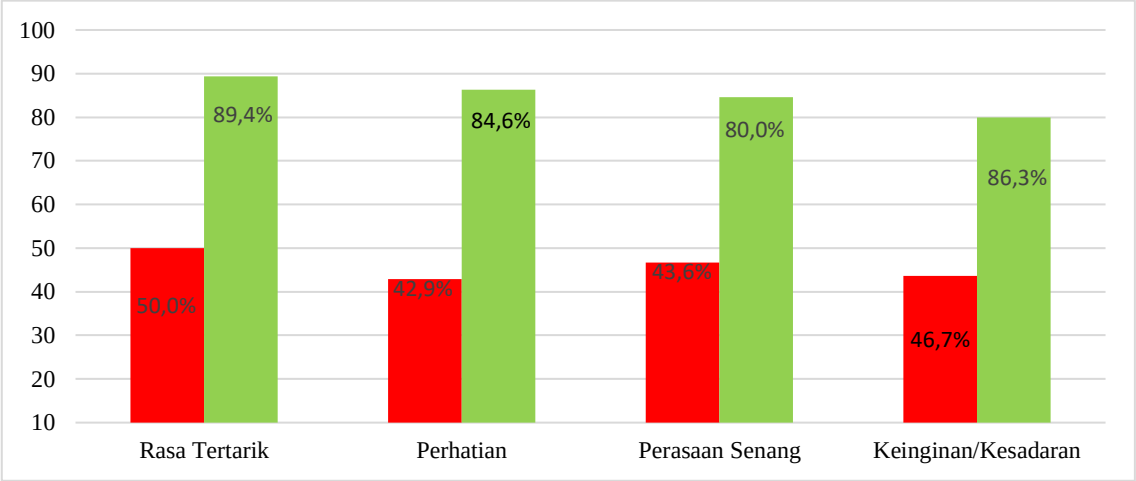
Berdasarkan hasil angket peningkatan minat belajar matematika siswa Sebelum dan setelah memanfaatkan komik digital yang telah diujikan kepada 5 peserta didik tersebut, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa perincian peningkatan persentase per indikator adalah: 1) rasa tertarik sebesar 36,6%, 2) Perhatian mencapai (27,5%), 3) rasa senang sebesar (32,5%), dan 4) keinginan atau kesadaran sebesar (23,3%).

Hasil uji validitas dari para validator menunjukkan bahwa komik digital dinyatakan layak sebagai media pembelajaran. Setelah itu, peneliti melaksanakan tes lapangan dengan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

mengimplementasikan komik digital di kelas VII-3 SMP Negeri 17 Medan, melibatkan 30 siswa. Data menunjukkan bahwa rata-rata persentase peserta yang memberikan jawaban "Ya" mencapai 90,6%. Menurut pedoman kriteria, apresiasi siswa dikategorikan positif apabila persentase respon positif mencapai 80% atau lebih. Usai pengisian kuesioner mengenai kepraktisan komik digital, disimpulkan bahwa media tersebut tergolong sangat praktis, sebab persentasenya mencapai minimal 76%. Hasil kepraktisan komik digital menurut guru sebesar 88,6% dan menurut peserta didik 84,7%.

Selanjutnya untuk pengukuran tingkat minat belajar menunjukkan bahwa masing-masing aspek dianalisis menggunakan rumus N-Gain, dengan hasil sebagai berikut; (1) pertumbuhan ketertarikan mencapai 0,78 dan tergolong dalam kategori tinggi; (2) peningkatan fokus sebesar 0,75 yang juga masuk dalam kategori tinggi; (3) peningkatan rasa senang memperoleh nilai 0,71 dan termasuk kategori tinggi; dan (4) peningkatan motivasi/kesadaran sebesar 0,64 yang berada dalam kategori sedang, untuk lebih rinci dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Hasil Peningkatan Minat Siswa

Pemanfaatan komik digital tidak sekadar meningkatkan ketertarikan belajar, tetapi juga memfasilitasi siswa dalam menguasai materi matematika secara lebih mendalam. Visual yang menarik dalam komik digital memudahkan siswa untuk memahami konsep yang abstrak secara lebih konkret. Siswa yang belajar menggunakan komik digital cenderung memiliki pemahaman lebih baik dibandingkan dengan mereka yang belajar tanpa komik. Hal ini disebabkan oleh penyajian ilustrasi langkah demi langkah dalam komik, yang mempermudah mereka dalam mengingat dan memahami materi. Oleh karena itu, komik digital terbukti berperan efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi matematika.

KESIMPULAN

Hasil penelitian mengungkapkan bahwa penggunaan model komik digital lebih berpengaruh dalam meningkatkan motivasi belajar dibandingkan dengan metode pembelajaran tanpa komik digital. Keefektifan ini tercermin dari hasil posttest yang menunjukkan peningkatan rata-rata keterlibatan belajar dari 45,8% (pretest) hingga mencapai 85,0% (posttest), disertai dengan perhitungan N-Gain sebesar 0,70 yang tergolong dalam kategori tinggi. Komik digital juga dinilai sangat valid dan praktis oleh ahli materi, ahli media, guru, dan siswa. Dalam praktik pembelajaran, guru dapat menggunakan komik digital sebagai media alternatif untuk materi matematika, terutama untuk topik yang memerlukan visualisasi. Komik digital dapat diterapkan dalam proses belajar mengajar di sekolah maupun sebagai materi pembelajaran mandiri di rumah. Guru dapat

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

memanfaatkan komik untuk menarik perhatian siswa, mempermudah pemahaman materi abstrak, dan meningkatkan interaksi siswa dengan pelajaran. Selain itu, guru juga dapat mengembangkan komik digital yang sesuai dengan kebutuhan dan konteks lokal siswa untuk mengoptimalkan hasil belajar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Studi ini terlaksana berkat bantuan dan kontribusi dari berbagai kalangan. Apresiasi disampaikan kepada FMIPA Universitas Negeri Medan serta kepada Bapak/Ibu Dosen yang telah memberikan dukungan serta peran dalam pelaksanaan studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

Amalia, D. R. K., Indrowati, M., & Oetomo, D. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis E-Comic pada Materi Sistem Respirasi untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa. Proceeding Biology Education Conference, 19(1), 91–100.

Andriani, dkk. (2019). Motivasi Belajar sebagai Determinan Hasil Belajar Siswa.*Jurnal Pendidikan Manajemen Perkantoran*, 2 (1) : 80-86.

Isnaini, S.N, dkk. (2023). Penggunaan Media pembelajaran Dalam Meningkatkan Minat Belajar Matematika Siswa di Sekolah Dasar. ALPEN: Jurnal Pendidikan Dasar, 7(1), 42-51.

Kristianto, D., Rahayu, T.S., Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, P., & Kristen Satya Wacana Salatiga, U. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran E- Komik untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika Kelas IV. Jurnal Pendidikan Tambusai, 4(2), 939–946.

Murtiyasa, B., & Anisyawati, F. A. (2022). Pengembangan Video Pembelajaran yang Berorientasi Pada Peningkatan Minat Belajar. Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika, 11 (2) : 986-999

Nieveen, N., & Folmer, E. (2013). Formative evaluation in educational design research. In T. Plomp & N. Nieveen (Eds.), Educational design research – part A: An introduction (pp. 152- 169). Enschede, the Netherlands: SLO.

Nurdin et al., 2020)Lase, Y., & Siregar, T. M. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Matematika dengan Menggunakan Aplikasi Lectora Inspire untuk Meningkatkan Minat Belajar siswa di SMP Gema Buwana Buwana. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, *7*(1), 687–697.

Nurdin, E., Saputri, I. Y., & Kurniati, A. (2020). Development of Comic Mathematics Learning Media Based on Contextual Approaches. *JIPM (Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika)*, *8*(2), 85.

Sakinah, N., & Hendriana, B. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran E- Comic Pada Materi Sistem Persamaan Linear Dua Variabel. Teorema: Teori Dan Riset Matematika, 7(1), 225. https://doi.org/10.25157/teorema.v7i1.6922

Sundari, Hadiyani, D., & Muhlis, I. (2021). Penerapan Media Presentasi Classpoint Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Bahasa InggrisMAN 19 Jakarta. Jurnal Pemikiran Dan Pengembangan Pembelajaran, 3(3), 1–9.

Supriyono. (2018). Pentingnya Media Pembelajaran untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa SD. Jurnal Pendidikan Dasar, 2 (1) : 42-48

Tosho. (2021). Matematika Sekolah Menengah Pertama. In Pengolahan Sarana dan Prasarana Pendidikan Sekolah Menengah Pertama (Vol. 27, Issue1).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Utami, A. D., Zainudin, M., Anggriani, E., Aulia, M. T., Salsabila, N., & Putra Pratama, R. B. (2023). Pengembangan E-Comics untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa pada Materi Pecahan. Justek : Jurnal Sains Dan Teknologi, 6(1), 95.

Wicaksana, I. P. G. C. R., Agung, A. A. G., & Jampel, I. N. (2020). PengembanganE-Komik Dengan Model Addie Untuk Meningkatkan Minat Belajar. Jurnal Edutech Undiksha, 7(2), 48.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *Jigsaw* Terhadap Kemampuan Koneksi Matematis Siswa SMP Negeri 15 Medan

Andika Firman Salomo Hutagalung[1]*, & Nurhasanah Siregar[2]
[1,2]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author:andikahutagalung05@gmail.com*

Abstrak, penelitian ini memiliki tujuan guna menganalisis dampak model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw terhadap kemampuan koneksi matematis siswa di SMP Negeri 15 Medan. Studi ini menggunakan metode kuasi eksperimen dengan populasi terdiri dari seluruh siswa kelas VII di sekolah tersebut. Sampel penelitian dipilih menggunakan teknik cluster sampling, dengan kelas VII-G sebagai kelompok kontrol dan VII-H sebagai kelompok eksperimen. Keelompok eksperimen menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw, sementara kelompok kontrol menggunakan pembelajaran konvensional yakni pembelajaran yang sering digunakan guru. Penelitian ini memanfaatkan instrumen berupa tes pretest dan posttest yang berisi lima soal uraian untuk menilai indikator kemampuan koneksi matematis. Sebelum digunakan, tes tersebut telah diuji validitas dan reliabilitasnya. Hasil posttest menunjukkan bahwa rata-rata skor kelompok eksperimen mencapai 82,44, sedangkan kelas kontrol memperoleh rata-rata 45,63. Data penelitian juga menunjukkan distribusi yang normal dan homogen. Hasil uji statistik menggunakan Independent Sample T-Test satu arah menunjukkan nilai thitung sebesar 12,128, yang lebih besar dari ttabel sebesar 1,699 pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Dengan demikian, H_1 diterima dan H_0 ditolak, yang menegaskan Proses belajar dengan kooperatif tipe jigsaw memiliki pengaruh yang baik terhadap kemampuan koneksi matematis siswa di SMP Negeri 15 Medan.
Kata Kunci: Model Kooperatif tipe Jigsaw, Koneksi Matematis, Eksperimen Semu

Abstract, *this research examines the effect of the jigsaw cooperative learning model on students' mathematical connection skills at SMP Negeri 15 Medan using a quasi-experimental design. The study population includes all seventh-grade students at the school, with two classes chosen as samples through cluster sampling: Class VII-G as the control group and Class VII-H as the experimental group. The experimental group applied the jigsaw cooperative model, while the control group received instruction through the conventional teaching method commonly used by the teacher. To measure students' mathematical connection skills, pretests and posttests were administered, each consisting of five essay-based questions assessing key indicators. The validity and reliability of these assessment tools were verified. Posttest outcomes indicated that the experimental group obtained an average score of 82.44, whereas the control group scored an average of 45.63. The data met the criteria for normality and homogeneity. Results from a one-tailed Independent Sample T-Test demonstrated that the computed t-value was greater than the critical t-value (12.128 > 1.699) at a significance level of $\alpha = 0.05$. As a result, H_0 was rejected, and H_1 was accepted, confirming that the jigsaw cooperative model significantly enhances students' mathematical connection skills at SMP Negeri 15 Medan.*
Keywords: *Mathematical Connection Skills, Jigsaw type Cooperative Learning, Quasi Experimental*

Citation : Hutagalung, A. F. S., & Siregar, N (2024). Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw Terhadap Kemampuan Koneksi Matematis Siswa SMP Negeri 15 Medan. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024.* 651 – 661.

PENDAHULUAN

Matematika adalah salah satu bidang studi yang selalu diajarkan di setiap tingkat pendidikan, mulai dari jenjang sekolah dasar hingga perguruan tinggi. Pembelajaran matematika idealnya

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

memberi ruang kepada siswa untuk memahami sebuah konsep, diperlukan pemahaman terhadap konsep lain yang mendasarinya serta keterkaitannya dengan kehidupan nyata manusia. Selaras dengan pandangan Hutneriana *et al*. (2024), pembelajaran matematika sebaiknya dirancang agar siswa mampu mengidentifikasi bagaimana setiap konsep dapat terbentuk dengan bergantung dengan konsep lain dan konsep tersebut dapat teraplikasi dalam kehidupan nyata manusia. Matematika bersifat deduktif dan berkaitan dengan elemen serta konsep abstrak yang tersusun secara sistematis dan bertingkat, dengan adanya hubungan antar konsep tersebut. Oleh karena itu, mempelajari matematika dapat mengasah kemampuan terstruktur, berpikir analitis, inovatif serta, rasional, sekaligus meningkatkan efektivitas dalam bekerja sama. Di samping itu, matematika juga berperan mempermudah manusia memecahkan mqsalah kehidupan nyata, seperti di bidang ekonomi, teknologi informasi, sosial, serta ilmu pengetahuan (Suriyani *et al*., 2019; Maryanti & Qadriah, 2019). Dengan belajar matematika dapat berperan dalam menanamkan berbagai konsep matematis. Selain itu, siswa diharapkan dapat mengembangkan pola pikir yang mendukung penerapan konsep matematika dalam kehidupan nyata, dengan menitikberatkan pada pembentukan sikap serta keterampilan dalam penggunaannya. National Council of Teachers of Mathematics (NCTM, 2000) menguraikan lima kompetensi utama yang harus dikuasai dalam pembelajaran matematika, yaitu penalaran, hubungan antar konsep, representasi, komunikasi, dan penyelesaian masalah matematis. Salah satu dari kompetensi tersebut adalah kemampuan dalam membangun koneksi matematis.

Istilah "koneksi matematis" berasal dari kata "connection," yang berarti keterhubungan. Dalam ranah matematika, konsep ini mengacu pada hubungan antara berbagai ide atau konsep. Hidayati dan Jahring (2021) menjelaskan bahwa kemampuan koneksi matematis meliputi keterampilan mengaitkan berbagai konsep dalam matematika, menghubungkannya dengan disiplin lain, serta menggunakannya dalam kehidupan sehari-hari. Sementara itu, menurut Wahid *et al*. (2024), koneksi matematis menunjukkan hubungan antara berbagai konsep dalam matematika, di mana siswa mampu menghubungkan setiap konsep dengan konsep lainnya saat memecahkan permasalahan. Kemampuan ini sangat penting dalam memperkuat pemahaman siswa terhadap matematika.

Permendikbud Nomor 58 Tahun 2014 menyebutkan bahwa salah satu tujuan pembelajaran matematika adalah agar siswa memahami konsep-konsep matematika secara mendalam. Untuk itu, siswa perlu memiliki keterampilan untuk menjelaskan hubungan setiap konsep dan menggunakan konsep dan algoritma dengan akurasi, efisiensi, fleksibilitas, serta kebenaran pemecahan masalah. Sejalan dengan tujuan tersebut, Julaeha *et al*. (2020) menegaskan bahwa siswa sekolah menengah perlu mengembangkan keterampilan matematis, khususnya dalam membangun koneksi matematis. Sementara itu, Widyawati *et al*. (2020) menjelaskan bahwa kemampuan ini bertujuan supaya siswa memiliki kemampuan melihat matematika sebagai satu kesatuan yang tidak dapat terpisahkan, mengetahui konsep-konsep dasar untuk mempermudah pembelajaran selanjutnya, mengeksplorasi dan menggambarkan hasil penyelidikan masalah, serta menggunakan pemikiran dan pemodelan dalam menyelesaikan berbagai persoalan, baik matematika itu sendiri maupun ke bidang ilmu lainnya. Dengan demikian, jika siswa dapat menghubungkan berbagai konsep pada matematika itu sendiri, pemahaman mereka akan menjadi lebih komprehensif dan bertahan dalam jangka panjang.

Kemampuan koneksi matematis menjadi bagian yang vital pada pembelajaran karena berperan dalam memperkuat pemahaman siswa terhadap semua konsep matematika. Melalui koneksi ini, pengetahuan yang telah dipelajari tidak hanya dihafalkan, tetapi juga digunakan sebagai syarat untuk menguasai konsep baru yang memiliki hubungan dengan konsep tersebut. Ini selaras dengan pendapat NCTM (2000) dan teori Ausubel, bahwa bahwa koneksi matematis terbentuk karena matematika

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

merupakan ilmu yang terstruktur dengan konsep-konsep yang saling berhubungan. Hubungan antara berbagai topik dalam matematika membantu siswa dalam membangun pemahaman baru berdasarkan pengetahuan yang telah mereka miliki.

Fahrurrozi & Hamdi (2017) serta Susanty (2018) menyatakan bahwa matematika adalah cabang ilmu yang memiliki peran penting dalam pengembangan berbagai bidang lainnya. Sebagai contoh, teori dalam kimia dan fisika dikembangkan melalui kalkulus, hukum Mendel dalam genetika didasarkan pada konsep probabilitas, serta berbagai teori ekonomi yang disusun berdasarkan konsep fungsi. Oleh karena itu, dalam menyelesaikan masalah matematika, siswa memerlukan kemampuan koneksi matematis yang baik agar mereka dapat mengaitkan konsep-konsep yang telah dipelajari dan menggunakannya secara efektif dalam berbagai situasi. Pendapat Freudenthal menyatakan bahwa "*Mathematics for life, and mathematics as human activities*" menunjukkan bahwa matematika memiliki peran penting dalam kehidupan manusia dan menjadi bagian dari aktivitas sehari-hari (Puspitawati & Agasi, 2017). Dalam arti lain, manusia tidak dapat terhindar dari matematika karena konsep-konsepnya senantiasa digunakan dalam berbagai aspek kehidupan. Sejalan dengan itu, Dinata *et al*. (2023) menjelaskan bahwa penerapan korelasi dalam kemampuan koneksi matematis bisa membantu siswa guna mengembangkan keterampilan pemecahan masalah matematika yang mereka pasti jumpai di kehidupan nyata. Selain itu, kemampuan menghubungkan berbagai unit dalam matematika sangat diperlukan dalam menyelesaikan persoalan matematis. Kemampuan ini bertujuan agar setiap siswa dapat kreatif, logis, dan berpikir kritis, serta terampil menghubungkan permasalahan matematika yang sering manusia hadapi dengan konsep-konsep yang relevan. Siswa yang terdapat keahlian dalam mengaitkan konsep-konsep matematika secara efektif cnderung lebih mudah dalam memecahkan soal-soal matematika, mengingat bahwa setiap materi dalam matematika saling berhubungan. Menurut Minarni *et al*. (2020:104), seseorang dikatakan memiliki kemampuan koneksi matematis jika mampu memenuhi tiga aspek utama, yaitu mengaitkan berbagai konsep dalam matematika, menghubungkannya dengan bidang ilmu lain, serta menerapkannya dalam kehidupan nyata. Namun, meskipun koneksi matematis memiliki fungsi yang vital, perkembangan kemampuan ini di sekolah masih belum optimal. Penelitian yang dilakukan oleh Marfi Ario dan Hera Deswita pada tahun 2020 menunjukkan bahwa banyak siswa masih belum memiliki kemampuan koneksi matematis yang memadai. Temuan dari tes diagnostik yang dilakukan pada siswa kelas VII di SMP Negeri 15 Medan turut mendukung hal ini, menunjukkan bahwa kemampuan koneksi matematis mereka masih lemah dan belum mencapai target yang diharapkan. Siswa masih menghadapi kendala dalam mengaitkan berbagai konsep matematika serta dalam merumuskan model matematika berdasarkan permasalahan kehidupan sehari-hari, serta menentukan konsep yang tepat untuk menyelesaikan persoalan di luar konteks matematika. Selain itu, rendahnya kemampuan koneksi matematis siswa juga dipengaruhi oleh metode pengajaran di kelas. Guru umumnya tidak menyoroti keterhubungan antar konsep dalam matematika maupun penerapannya situasi kehidupan nyata. Latihan soal yang diberikan lebih berorientasi pada perhitungan angka secara abstrak tanpa mendorong siswa untuk menyelesaikan masalah dalam konteks nyata. Akibatnya, siswa mengalami kesulitan dalam memilih rumus atau konsep yang sesuai untuk menyelesaikan soal berbasis situasi kehidupan. Nugraha (2018) menegaskan bahwa guru selama ini memaparkan konsep matematika secara terpisah tanpa mengaitkannya dengan konsep lain atau dengan kehidupan sehari-hari. Padahal, jika guru mampu menjelaskan hubungan antar konsep serta aplikasinya, siswa pasti menjadi terbantu ketika dihadapkan masalah yang mereka hadapi. Studi yang dilakukan oleh Hutneriana *et al*. (2024) juga menunjukkan bahwa siswa lebih mudah memecahkan soal perhitungan angka abstrak dan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

mengalami kesulitan dalam mengerjakan soal kontekstual yang mengharuskan mereka menghubungkan beberapa konsep matematika. Bahkan, beberapa siswa dapat menemukan jawaban yang benar, tetapi kesulitan dalam menjelaskan langkah-langkah yang mereka gunakan untuk memperoleh hasil tersebut. Proses belajar oleh guru saat ini juga kurang mendorong siswa untuk aktif dan tidak memberikan banyak kesempatan bagi mereka untuk mengasah kemampuan koneksi matematis. Hal ini semakin menguatkan dugaan bahwa rendahnya keterampilan koneksi matematis siswa perlu mendapat perhatian lebih dalam pembelajaran matematika di kelas VII SMP Negeri 15 Medan. Selain itu, dalam pembelajaran matematika di kelas VII, terlihat bahwa siswa belum terbiasa mengerjakan soal-soal yang membutuhkan keterampilan koneksi matematis. Oleh karena itu, diperlukan upaya lebih lanjut untuk meningkatkan kemampuan koneksi matematis siswa. Mengingat pentingnya keterampilan ini dalam pendidikan menengah, guru diharapkan dapat merancang pembelajaran yang lebih terarah dan sistematis agar aspek koneksi matematis siswa dapat berkembang secara optimal. Dengan pendekatan yang tepat, guru dapat memberikan gambaran yang lebih jelas serta menemukan solusi efektif untuk membantu siswa dalam mengembangkan keterampilan koneksi matematis mereka.

Sebagai solusi atas permasalahan yang telah ditemukan, satu diantara pendekatan yang boleh diterapkan adalah pembelajaran dengan model kooperatif tipe Jigsaw. Pendekatan ini dirancang untuk mendorong siswa belajar secara mandiri sekaligus meningkatkan tanggung jawab, baik secara individu maupun kelompok, dalam kegiatan pembelajaran. Di samping itu, metode ini juga bertujuan guna memperkuat kolaborasi antar siswa dalam memahami materi yang diajarkan. Dalam pendekatan Jigsaw, setiap siswa dituntut untuk memahami materi secara menyeluruh supaya siswa mampu mengajarkannya kembali kepada anggotanya masing-masing (Sutikno, 2019; Akbar *et al*., 2023). Sehingga model ini membuat siswa untuk bergantung dan bekerja sama secara aktif untuk memahami konsep yang diberikan. Mereka berdiskusi dalam kelompok ahli, mengembangkan pemahaman mendalam, serta membantu menghubungkan materi yang telah dipelajari oleh anggota lain. Selain itu, diskusi dalam kelompok juga dapat mencakup permasalahan kontekstual, sehingga tidak hanya menciptakan suasana belajar yang lebih interaktif dan menyenangkan, tetapi juga memberikan kesempatan bagi seluruh siswa untuk mengembangkan kemampuan koneksi matematis mereka.

Menggunakan model pembelajaran kooperatif Jigsaw dapat membangun kesadaran siswa untuk bertanggung jawab atas pemahaman mereka sendiri dalam proses belajar serta terhadap pemahaman teman dalam kelompoknya. Selain sekadar memahami materi yang dipelajari, siswa juga dituntut untuk mampu menjelaskan kembali materi tersebut kepada anggota kelompok lainnya. anggota kelompok lainnya. Menurut Nurdyansyah & Fahyuni (2016), pada pendekatan ini, guru membentuk kelompok heterogen berdasarkan subtopik yang telah ditetapkan. Semua siswa dalam kelompok awal bertugas mempelajari bagian materi tertentu, kemudian bergabung dengan kelompok ahli yang membahas subtopik serupa. Setelah mendalami materi melalui diskusi dalam kelompok ahli, mereka kembali ke kelompok asal untuk menjelaskan dan membagikan pemahaman yang telah diperoleh kepada anggota lainnya. Dengan cara ini, seluruh siswa memiliki tanggung jawab untuk memahami semua materi yang telah diberikan oleh guru. Metode pembelajaran kooperatif Jigsaw berfokus pada kolaborasi dalam kelompok-kelompok kecil. Nurdiana (2022) menyatakan bahwa perbedaan utama model ini dibandingkan dengan model pembelajaran kooperatif lainnya adalah adanya pembagian kelompok belajar dan kelompok ahli (expert team). Melalui pendekatan ini, siswa bekerja sama dengan prinsip ketergantungan positif dan memiliki tanggung jawab individu terhadap keberhasilan kelompoknya. Selain itu, model ini memberikan lebih banyak peluang bagi siswa untuk mengelola

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

informasi, mengemukakan gagasan, serta mengembangkan keterampilan komunikasi mereka. Semua anggota kelompok memiliki tanggung jawab atas penguasaan materi dan memastikan bahwa rekan-rekannya juga memahami konsep yang telah dipelajari. Pendapat Gustiana *et al*. (2021) menegaskan bahwa model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw perlu diterapkan karena tidak terdapat kompetisi antara siswa atau kelompok. Sebaliknya, mereka berkolaborasi untuk menuntaskan permasalahan dan memahami berbagai sudut pandang dalam berpikir. Oleh sebab itu, semua siswa memiliki kewajiban untuk mendalamui materi yang telah ditugaskan kepadanya, kemudian mengajarkannya kepada anggota kelompok lain. Model ini juga mendorong siswa untuk tidak hanya mengandalkan bantuan dari guru, tetapi juga memotivasi mereka untuk memahami seluruh materi secara cepat dan akurat. Melihat pendekatan pembelajaran Jigsaw yang menekankan aktivitas belajar yang aktif dan mandiri, serta mempertimbangkan permasalahan yang dihadapi siswa kelas VII di SMP Negeri 15 Medan, penulis tertarik untuk meneliti topik ini lebih lanjut dalam sebuah penelitian berjudul *Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw terhadap Kemampuan Koneksi Matematis Siswa SMP Negeri 15 Medan.*

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw pada siswa kelas VII SMP Negeri 15 Medan. Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimen semu (*quasi-experimental*). Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh siswa kelas VII SMP Negeri 15 Medan yang tersebar dalam 11 kelas. Penelitian ini menggunakan dua kelas sebagai sampel, di mana satu kelas berperan sebagai kelas eksperimen yang menerapkan model Jigsaw, sementara kelas lainnya menjadi kelompok kontrol.

Untuk menilai kemampuan koneksi matematis pada kedua kelas, diberikan tes yang terdiri dari lima soal uraian. Setelah siswa menyelesaikan tes, hasilnya dinilai berdasarkan rubrik penilaian yang disusun sesuai dengan indikator koneksi matematis, yaitu keterkaitan berbagai topik dalam matematika, hubungan matematika dengan disiplin ilmu lain, serta penerapannya dalam kehidupan nayata. Sebelum digunakan dalam penelitian, instrumen tes diuji validitasnya menggunakan korelasi product moment, dan hasil analisis menunjukkan bahwa semua butir soal telah memenuhi standar validitas. Selanjutnya, uji reliabilitas instrumen dilakukan dengan menerapkan metode Alpha Cronbach, dan hasilnya menunjukkan bahwa instrumen memiliki tingkat reliabilitas yang baik. Dengan demikian, instrumen tes sudah memenuhi standar kelayakan dan layak digunakan dalam penelitian.

Penelitian ini menerapkan dua teknik analisis data, yakni statistik deskriptif untuk menunjukkan pola distribusi dan kecenderungan data, serta statistik inferensial untuk menguji hipotesis. Sebelum pengujian hipotesis dilakukan, dilakukan uji asumsi klasik yang meliputi uji normalitas dan homogenitas untuk memastikan bahwa data memiliki distribusi yang normal serta memperoleh varians yang seimbang. Setelah kedua asumsi terpenuhi, hipotesis diuji dengan Independent Sample T-Test satu arah (*one-tailed*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berlangsung di semester ganjil pada tahun ajaran 2024/2025 di kelas VII SMP Negeri 15 Medan dan menerapkan pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw. Sampel terdapat dua kelas yang dipilih menggunakan teknik pengacakan, di mana satu kelas menggunakan model Jigsaw sebagai perlakuan, sementara kelas lainnya tetap diajar dengan metode konvensional yang biasa

digunakan guru. Sebelum pembelajaran dimulai, pretest diberikan kepada kedua kelas untuk menilai kemampuan awal siswa koneksi matematis siswa. Proses pembelajaran kemudian berlangsung dalam tiga pertemuan dengan materi, alokasi waktu, dan pengajar yang sama di kedua kelas. Setelah pembelajaran selesai, siswa mengikuti posttest untuk mengukur kemampuan koneksi matematis akhir mereka pada materi Bentuk Aljabar. Setiap butir tes dinilai berdasarkan rubrik penskoran yang sesuai dengan tiga indikator koneksi matematis. Hasil tes akhir dikonversi ke dalam skala 100 untuk analisis lebih lanjut. Sampel penelitian terdiri dari kelas VII-H berperan sebagai kelompok eksperimen, sedangkan VII-G sebagai kelompok kontrol, dengan jumlah masing-masing 32 peserta. Hasil data menunjukkan bahwa sebelum perlakuan diberikan, kedua kelompok memiliki tingkat keterhubungan matematis yang sebanding dan masih rendah. Setelah pembelajaran, skor posttest memperlihatkan peningkatan lebih besar pada kelompok dengan metode Jigsaw dibandingkan dengan metode tradisional. Rata-rata nilai posttest kelompok eksperimen mencapai 82,44, sedangkan kelompok kontrol hanya memperoleh 45,63. Skor tertinggi dalam kelompok eksperimen mencapai 100, sementara pada kelompok kontrol hanya mencapai 80. Adapun skor terendah dalam kelompok eksperimen sebesar 60, sedangkan kelompok kontrol hanya memperoleh 20. Data ini membuktikan adanya perbedaan nyata dalam peningkatan keterhubungan matematis antara kedua kelompok. Peserta yang belajar dengan metode kooperatif tipe Jigsaw mengalami peningkatan rata-rata nilai dari pretest ke posttest, sedangkan kelompok kontrol justru mengalami penurunan.

Hasil penelitian menunjukkan siswa dengan menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw cenderung memiliki kemampuan koneksi matematis yang lebih baik daripada siswa yang diajar menggunakan model pembelajaran konvensional. Rata-rata nilai posttest siswa di kelas eksperimen mencapai 82,44, yang berada di atas Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) matematika, yaitu 75. Dari 32 siswa dalam kelas eksperimen, sebanyak 23 siswa (71,87%) telah mencapai atau melampaui standar KKM, sedangkan 9 siswa (28,13%) masih berada di bawah standar tersebut. Jika dikategorikan berdasarkan tingkat kemampuan koneksi matematis, sebanyak 23 siswa termasuk dalam kategori tinggi, tujuh siswa tergolong dalam kategori sedang, dan dua siswa berada dalam kategori rendah. Sebaliknya, siswa yang diajar dengan model pembelajaran konvensional menunjukkan hasil yang lebih rendah. Rata-rata nilai posttest mereka hanya mencapai 45,63, yang berada di bawah standar KKM. Dari 32 siswa di kelas kontrol, hanya 2 siswa (6,25%) yang berhasil mencapai ketuntasan, sementara 30 siswa lainnya (93,75%) belum mencapai standar KKM. Berdasarkan kategori kemampuan, hanya 2 peserta berada dalam kategori tinggi, sedangkan 30 lainnya tergolong rendah. Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan pendekatan kooperatif tipe Jigsaw memberikan efek positif terhadap peningkatan keterhubungan matematis peserta didik. Mereka yang belajar dengan metode ini lebih banyak mencapai standar ketuntasan dibandingkan dengan yang menggunakan teknik konvnsional. Dalam penerapan model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw di kelas eksperimen, pembelajaran dilakukan secara berkelompok. Semua anggota kelompok memiliki tanggung jawab untuk memahami bagian tertentu dari materi ajar dan kemudian mengajarkannya kembali kepada teman-temannya dalam kelompok asal. Model Jigsaw dikembangkan untuk menumbuhkan rasa tanggung jawab siswa terhadap proses belajar mereka sendiri serta pemahaman anggota kelompoknya. Melalui metode ini, siswa tidak hanya mempelajari materi yang diberikan, tetapi juga diharapkan dapat menjelaskan kembali materi tersebut kepada rekan satu kelompok. Model pembelajaran ini bersifat interaktif, sehingga proses belajar menjadi lebih menarik dibandingkan dengan metode konvensional yang diterapkan di kelas kontrol.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Berdasarkan data yang telah diuraikan, implementasi model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw berdampak positif pada pencapaian hasil belajar siswa, khususnya dalam meningkatkan kemampuan koneksi matematis. Temuan ini selaras dengan studi yang dilakukan oleh Kamaruddin *et al*. (2018), yang menyatakan bahwa metode ini mendorong siswa untuk lebih aktif berinteraksi dalam diskusi, pemecahan masalah, serta penyimpulan materi pembelajaran. Keaktifan dalam pembelajaran ini meningkatkan semangat dan partisipasi siswa, yang pada akhirnya berkontribusi pada peningkatan kemampuan koneksi matematis mereka. Pendapat ini juga diperkuat oleh Isjoni (2016), yang mengungkapkan bahwa model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw merupakan metode yang berpusat pada siswa (student-centered learning). Model ini dirancang untuk mengatasi berbagai kendala dalam meningkatkan keaktifan siswa, seperti kurangnya kerja sama dan kepedulian terhadap teman sekelas. Dengan terlibat aktif dalam pembelajaran, siswa memiliki peluang lebih tinggi dalam mencapai hasil belajar yang optimal. Penerapan model Jigsaw di kelas eksperimen diawali dengan guru yang mengaitkan pembelajaran dengan konteks kehidupan nyata yang dialami siswa sehari-hari. Misalnya, siswa diajak untuk memahami bagaimana sebuah konsep matematika terhubung dengan konsep lain, berbagai disiplin ilmu, serta masalah yang dihadapi dalam kehidupan nyata. Pendekatan ini dapat menumbuhkan rasa ingin tahu siswa, mendorong mereka untuk lebih tertarik dalam mempelajari materi dan menerapkan pemahamannya dalam kehidupan nyata di luar lingkungan sekolah.

Dalam penerapan model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw, siswa pertama-tama dibagi ke dalam kelompok asal, di mana masing-masing anggota diberikan tanggung jawab untuk memahami materi serta menyelesaikan permasalahan dalam Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) yang berbeda dari teman-temannya. LKPD yang digunakan bersifat kontekstual untuk memberikan tantangan baru bagi siswa dalam menyelesaikan soal-soal yang diberikan. Selanjutnya, siswa yang memiliki permasalahan serupa akan berkumpul dalam kelompok ahli, di mana mereka berdiskusi secara mendalam untuk menyelesaikan masalah dalam LKPD. Pada tahap ini, siswa memanfaatkan seluruh potensi mereka untuk berperan aktif dalam diskusi, saling berbagi pemahaman, mempertahankan argumen, serta menghargai pendapat orang lain. Melalui diskusi ini, siswa memperoleh wawasan baru yang relevan dengan materi yang dipelajari, serta memperkuat keterampilan koneksi matematis mereka berdasarkan indikator soal yang tersedia dalam LKPD.

Pendekatan ini selaras dengan teori Vygotsky yang menekankan pentingnya belajar mandiri, kerja sama, interaksi sosial, dan kolaborasi dengan teman sebaya agar siswa dapat memperoleh pemahaman dan keterampilan yang lebih baik. Sejalan dengan hal tersebut, Suprijono (2011) dalam Ntobuo (2018) mengemukakan bahwa pembelajaran konstruktivisme terdiri dari beberapa fase, yaitu Orientasi, Elicitasi, Restrukturisasi Ide, Aplikasi Ide, dan Review. Pada tahap awal, ketika siswa diberikan permasalahan yang berbeda sesuai dengan bidang keahliannya, mereka berada dalam fase Orientasi, yang bertujuan untuk membangun motivasi dan memperkenalkan topik pembelajaran. Kemudian, saat mereka berdiskusi dalam kelompok ahli, fase Elicitasi terjadi, di mana siswa saling menggali ide serta berbagi pemahaman mengenai konsep yang dipelajari. Tahap pembelajaran yang paling krusial terjadi ketika siswa kembali ke kelompok asal mereka setelah diskusi dalam kelompok ahli. Pada tahap ini, setiap siswa berperan sebagai ahli dalam materi tertentu dan memiliki tanggung jawab untuk menjelaskan serta mengajarkan pemahamannya kepada teman sekelompoknya. Proses ini memungkinkan setiap anggota kelompok untuk memahami materi secara menyeluruh, termasuk aspek-aspek yang tidak mereka pelajari secara langsung. Dengan demikian, model Jigsaw membantu mengembangkan kemampuan koneksi matematis siswa secara lebih luas, karena setiap individu hanya mendalami satu bagian materi, tetapi tetap perlu memahami keseluruhan konsep melalui

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pembelajaran dari teman sekelompoknya. Tahapan ini sesuai dengan fase Restrukturisasi Ide dalam teori konstruktivisme, di mana siswa mengklarifikasi serta membandingkan ide mereka dengan pemahaman teman-temannya. Hal ini juga mendukung konsep asimilasi dalam teori konstruktivisme Piaget (Nurhayani & Salistina, 2022), yang menekankan bahwa siswa memperoleh pemahaman dengan cara berinteraksi dan berbagi pengetahuan dengan rekan-rekan mereka. Selain itu, dalam tahap akomodasi, siswa menghubungkan materi yang baru mereka pelajari dengan konsep sebelumnya, bidang ilmu lain, serta permasalahan kehidupan sehari-hari melalui pembahasan dalam LKPD.

Temuan dalam riset ini didukung oleh penelitian sebelumnya dari Nurdiana (2022), yang menyatakan bahwa penerapan strategi kooperatif tipe Jigsaw secara signifikan meningkatkan keterkaitan matematis peserta didik dibandingkan dengan pendekatan tradisional yang lazim digunakan pendidik. Hasil serupa dilaporkan oleh Heryani (2014), yang mengungkapkan bahwa metode Jigsaw lebih efektif dalam meningkatkan koneksi matematis dibandingkan dengan teknik konvensional. Penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan lebih besar pada koneksi matematis siswa yang belajar menggunakan Jigsaw dibandingkan dengan mereka yang mengikuti metode pengajaran biasa. Dengan demikian, hasil studi ini semakin menegaskan bahwa perlakuan yang diberikan pada kelompok eksperimen berdampak positif terhadap peningkatan koneksi matematis peserta didik.

Berdasarkan hasil penelitian, rata-rata skor tes koneksi matematis pada kelompok eksperimen yang menerapkan model kooperatif tipe Jigsaw mencapai 82,44, sedangkan kelompok kontrol yang diajar dengan metode konvensional hanya memperoleh 45,63. Analisis statistik menunjukkan bahwa data memiliki distribusi normal serta varians yang homogen, sehingga pengujian hipotesis dapat dilakukan menggunakan uji Independent Sample T-Test. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai t_{hit} = 12,128 lebih tinggi dibandingkan dengan t_{tabel} = 1,669 pada tingkat signifikansi 5%. Oleh karena itu, hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) diterima, yang mengindikasikan bahwa penerapan strategi model kooperatif tipe Jigsaw berpengaruh positif kepada peningkatan koneksi matematis peserta didik di SMP Negeri 15 Medan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw memiliki efek positif terhadap peningkatan keterhubungan matematis siswa kelas VII di SMP Negeri 15 Medan. Siswa yang belajar dengan metode Jigsaw mencapai skor rata-rata 82,44, lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (45,63). Hasil uji Independent Sample T-Test menunjukkan perbedaan signifikan antara kedua kelompok (12,128 > 1,669). Berdasarkan temuan ini, disarankan agar guru menerapkan model Jigsaw untuk meningkatkan interaktivitas dan keterampilan berpikir siswa, kepala sekolah mendorong penggunaan metode inovatif, serta penelitian lanjutan dilakukan dengan cakupan lebih luas.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam pelaksanaan studi ini, peneliti mengucapkan terima kasih kepada SMP Negeri 15 Medan atas izin yang diberikan untuk melaksanakan penelitian serta dukungan dalam penyediaan data yang diperlukan. Selain itu, apresiasi juga disampaikan kepada Program Studi Pendidikan Matematika, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, atas bimbingan serta kontribusinya dalam penelitian ini.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

DAFTAR PUSTAKA

Afandi, M., Chamalah, E., Wardani, O. P. & Gunarto, H. (2013). *Model dan Metode Pembelajaran*. Semarang: Unissula.

Akbar, J.S., Dharmayanti, P.A., Nurhidayah, V.A., Lubis, S.I., Saputra, R., Sandy, W., Maulidiana, S., Setyaningrum, V., Lestari, L.P., Ningrum, W.W., Astuti, N.M., Nelly, N., Ilyas, F.S., Ramli, A., Kurniati, Y. & Yuliastuti, C. (2023). *Model & Metode Pembelajaran Inovatif*. Jambi: Sonpedia Publishing.

Akhiruddin, A., Sujarwo, S., Atmowardoyo, H. & Nurhikmah, N. (2020). *Belajar & Pembelajaran*. Yogyakarta: Penerbit Samudra Biru.

Ananda, R. & Fadhli, M. (2018). *Statistik Pendidikan: Teori dan Praktik dalam Pendidikan*. Medan: CV. Widya Puspita.

Deswita, H. & Ario, M. (2020). Evaluasi Pembelajaran: Kemampuan Koneksi Matematis Siswa SMPN 1 dan SMPN 2 Kepenuhan. *Journal of Education and Teaching (JET)*, 1(1), 33-39. https://doi.org/10.51454/jet.vxix.xxx by Crossref.

Dinata, F. T., Rusyid, H. K., Fatimah, S., & Herman, T. (2023). Analisis kemampuan koneksi matematis siswa pada pembelajaran luring pasca pandemi. *JPMI (Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif), 6*(4), 1301-1312. https://doi.org/10.22460/jpmi.v6i4.17648.

Ernawati, E., Zulmaulida, R., Saputra, E., Munir, M., Zanthy, L.S., Rusdin, R., Wahyuni, M., Irham, M., Akmal, N. & Nasruddin, N. (2021). *Pembelajaran Matematika*. Sigli: Yayasan Penerbit Muhammad Zaini.

Fahrurrozi, F. & Hamdi, S. (2017). Metode Pembelajaran Matematika. Lombok: Universitas Hamzanwadi Press.

Fendrik, M. (2019). *Pengembangan Kemampuan Koneksi Matematis dan Habits of Mind Pada Siswa*. Surabaya: Media Sahabat Cendekia.

Gustiana, M., Septian, A. & Wulandari, D.A. (2021). Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw Terhadap Peningkatan Kemampuan Koneksi Matematis Siswa Sma. *RANGE: Jurnal Pendidikan Matematika*, 2(2), 75-83. DOI:10.32938/jpm.v2i1.566

Hajaroh, S., Raehanah, R. (2021). *Statistik Pendidikan (Teori dan Praktik)*. Mataram: Sanabil.

Hardani, H., Auliya. N.H., Andriani, H., Fardani, R.A., Ustiawaty, J., Utami, E.F., Sukmana, D.J. & Istiqomah, R.R. (2020). *Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif*. Yogyakarta: Pustaka Ilmu Group.

Hayati, S. (2017). *Belajar dan Pembelajaran Berbasis Cooperative Learning*. Magelang: Graha Cendekia.

Helmiati. (2012). *Model Pembelajaran*. Sleman Yogyakarta:Aswaja Pressindo.

Heryani, Y. (2014). Peningkatan Kemampuan Koneksi Dan Komunikasi Matematik Melalui Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw Pada Peserta Didik SMK Negeri di Kabupaten Kuningan. *Jurnal Pendidikan dan Keguruan*, *1*(1), 209-218. https://www.neliti.com/publications/209677/peningkatan-kemampuan-koneksi-dan-komunikasi-matematik-melalui-model-pembelajara

Hutneriana, R., Hidayah, I., Isnarto, I., Dwijanto, D., & Wardono, W. (2024, February). Meningkatkan Kemampuan Koneksi Matematis melalui Pembelajaran Matematika Realistik. In *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika* (pp. 529-538). Semarang: Jurusan Matematika, Universitas Negeri Semarang.

Julaeha, S., & Fathani, A. H. (2020). Profil kemampuan koneksi matematis peserta didik dalam menyelesaikan soal cerita ditinjau dari kemampuan matematika. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(2), 800 – 810. https://j-cup.org/index.php/cendekia/article/view/300

Isjoni, (2016). *Cooperative Learning Efektifitas Pembelajaran Kelompok*. Bandung: Alfabeta.

Kamaruddin, K., Kadir, K., & Ruslan, R. (2018). Pengaruh Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw Kontekstual terhadap Kemampuan Koneksi Matematik Ditinjau dari Disposisi Matematik Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Matematika*, *9*(1), 81-91. https://dx.doi.org/10.36709/jpm.v9i1.5763

Khan, B. (2020). *Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Student Team Achievement Division (STAD) dan Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw Terhadap Kemampuan Koneksi dan Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa Di SMA Negeri 1 Tanjung Pura*. Skripsi. Pendidikan Matematika, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.

Kurniawan, A., Febrianti, A.N., Hardianti, T., Risan, R., Sari, D.M., Sitopu, J.W., Dewi, R.S., Sianipar, D., Fitriyah. L.A., Zulkarnaini, Z., Jalal. N.M., Hasriani, H. & Hasyim, F. (2022). *Evaluasi Pembelajaran*. Padang: Get Press.

Maryanti, M. & Qadriah, L. (2019). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis dan Logis Matematik Siswa SMK Negeri 1 Sigli Melalui Model Kooperatif Tipe STAD Berbantuan Maple. *Jurnal Sains Riset*, 9(2), 9-16. https://doi.org/10.47647/jsr.v9i2.109

Minarni, A., Napitupulu, E. E., Lubis, S. D. & Annajmi, A. (2020). *Kemampuan Berpikir Matematis dan Aspek Afektif Siswa*. Medan: Harapan Cerdas.

NCTM. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston: VA: NCTM.

Ntobuo, N. (2018). *Model Pembelajaran Kolaboratif Teori dan Aplikasi*. Gorontalo: UNG Press.

Nugraha, A. A. (2018). Analisis Kemampuan Koneksi Matematis Siswa SMP pada Materi Sistem Persamaan Linear Dua Variabel (SPLDV). Suska Journal of Mathematics Education, 4(1), 59–64. https://doi.org/10.24014/sjme.v3i2.3897

Nurdiana, A. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran Cooperative Tipe Jigsaw Terhadap Kemampuan Koneksi Matematika Siswa. *Epsilon*: *Jurnal Pendidikan Matematika Jakarta*, 3(1): 1-10. https://jurnal.stkippgribl.ac.id/index.php/epsilon/article/view/576

Nurdyansyah, N. & Fahyuni, E.F. (2016). *Inovasi Model Pembelajaran Sesuai Kurikulum 2013*. Sidoarjo: Nizamia Learning Center.

Nurhayani, N., & Salistina, D. (2022). *Teori belajar dan Pembelajaran*. Bantul: CV Gerbang Media Aksara.

Nurlina, N., Nurfadilah, N. & Bahri, A. (2021). *Teori Belajar dan Pembelajaran*. Makassar: LPP unismuh.

Nuryadi, N., Astuti., T.D., Utami, E.S. & Budiantara, B.N. (2017). *Dasar-Dasar Statistik Penelitian*. Yogyakarta: Sibuku Media.

Paramita, R.W., Rizal, N. & Sulistyan, R.B. (2021). *Metode Penelitian Kuantitatif: Edisi 3*. Lumajang: Widya Gama Press.

Purnomo, A., Kanusta, M., Fitriyah, F., Guntur, M., Siregar, R.A., Ritonga, S., Nasution, S.I., Maulidah, S. & Listantia, N. (2022). *Pengantar Model Pembelajaran*. Lombok: Yayasan Hamjah Dina.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Puspitawati, V. S., & Agasi, G. R. (2017). Penggunaan Matematika Realistik Untuk Meningkatkan Disposisi Matematis Siswa SMP. *Kalamatika Jurnal Pendidikan Matematika*, 2(2), 147–158. https://doi.org/10.22236/kalamatika.vol 2no2.2017pp147-158

Saat, S. & Mania, S. (2020). *Pengantar Metodologi Penelitian: Panduan Bagi Peneliti Pemula*. Gowa: Pusaka Almaida.

Sani, R.A. (2015). *Inovasi Pembelajaran*. Jakarta: Bumi Aksara.

Suranto, A. (2015). *Teori Belajar dan Pembelajaran Kontemporer*. Yogyakarta: LaksBang PRESSindo.

Suriyani, S., Rohani, R. & Rahma, I.F. (2019). Aplikasi Model Pembelajaran Contextual Teaching and Learning (CTL) dalam Peningkatan Kemampuan Koneksi Matematis Siswa. *Jurnal Pembelajaran dan Matematika Sigma (JPMS)*, 5(2), 47-52. https://doi.org/10.36987/jpms.v5i2.1505

Susanty, A. (2018). Analisis Kemampuan Koneksi Matematis Berdasarkan NCTM Siswa SMA kelas X IPA Pada Materi Eksponen dan Logaritma. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 2(2), 870-876. https://doi.org/10.31004/jptam.v2i4.35

Sutikno, S. (2019). *Metode & Model-Model Pembelajaran:"Menjadikan Proses Pembelajaran Lebih Variatif, Aktif, Inovatif, Efektif dan Menyenangkan"*. Lombok: Holistica.

Wahid, R., Susanto, A., Eliza, R., & Azmir, S. (2023). Kemampuan Koneksi Matematis Peserta Didik dengan Pendekatan Pembelajaran Metaphorical Thinking. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika, 8(1), 170-179.* https://doi.org/10.31004/cendekia.v8i1.2543

Widyanto. J. (2018). Evaluasi Pembelajaran. Madiun: UNIPMA Press.

Widiyawati, W., Septian, A., & Inayah, S. (2020). Analisis kemampuan koneksi matematis siswa SMK pada materi trigonometri. *Jurnal Analisa*, *6*(1), 28-39. https://doi.org/10.15575/ja.v6i1.8566.

Pengaruh Kepercayaan Diri (*Self Confidence*) terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa

Eva Ria Br Ginting[1*], Mangaratua M. Simanjorang[2]
[1,2] *Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:evariagintingmuntheagmail.com*

Abstrak, penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh kepercayaan diri terhadap hasil belajar matematika siswa kelas X SMA Negeri 1 Deli Tua T.A 2024/2025. Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif dengan metode kausalitas. Populasi penelitian ini merupakan jumlah keseluruhan dari siswa kelas X SMA Negeri 1 Deli Tua yaitu 428 siswa yang terkelompok dalam 12 kelas. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah teknik pengambilan sampel acak kluster. Sampel yangterpilih adalah siswa kelas X-1 dengan jumlah 34 siswa. Data yang dikumpulkan berupa hasil tes untuk menilai hasil belajar matematika siswa dan angket untuk mengukur kepercayaan diri siswa. Uji normalitas, homoskedastisitas, dan linearitas merupakan uji prasyarat analisis yang diterapkan dalam riset ini. Analisis regresi linier sederhana digunakan untuk menguji hipotesis penelitian, sementara uji koefisien determinasi diterapkan guna mengetahui sejauh mana kepercayaan diri memengaruhi hasil belajar matematika. Hasil penelitian menampilkan bahwa pengaruh kepercayaan diri terhadap hasil belajar matematika siswa kelas X di SMA Negeri 1 Deli Tua ditunjukkan oleh persamaan regres$\hat{Y} = 42{,}1356 + 0{,}5302X$ i dan nilai $F_0 > F_{tabel}$ $(20{,}508 > 4{,}15)$. Bersarnya pengaruh kepercayaan diri siswa terhadap hasil belajar matematika siswa adalah 39,1% sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.
Kata kunci: Hasil belajar matematika; Kepercayaan diri

Abstract, *this study aims to see the effect of self-confidence on mathematics learning outcomes of class X students of SMA Negeri 1 Deli Tua in the academic year 2024/2025. This study is a type of quantitative research with a causality method. The population of this study is the total number of class X students of SMA Negeri 1 Deli Tua, namely 428 students grouped into 12 classes. The sampling technique used is the cluster random sampling technique. The selected sample was class X-1 students with a total of 34 students. The data collected were in the form of test results to assess students' mathematics learning outcomes and questionnaires to measure students' self-confidence. Normality, homoscedasticity, and linearity tests are prerequisite tests for analysis applied in this research. Simple linear regression analysis was used to test the research hypothesis, while the coefficient of determination test was applied to determine the extent to which self-confidence influences mathematics learning outcomes. The results of the study show that the influence of self-confidence on the mathematics learning outcomes of class X students at SMA Negeri 1 Deli Tua is shown by the regression equation* $\hat{Y} = 42{,}1356 + 0{,}5302X$ *and the value of* $F_0 > F_{table}$ $(20{,}508 > 4{,}15)$*.. The magnitude of the influence of students' self-confidence on students' mathematics learning outcomes is 39.1% while the rest is influenced by other factors.*
Keywords*: Mathematics learning outcomes; Self-confidence*

Citation : Ginting, E. R., & Simanjorang, M. M. (2024). Pengaruh Kepercayaan Diri (Self Confidence) terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 662 – 668.

PENDAHULUAN

Salah satu ilmu yang memiliki banyak aplikasi baik dalam bidang pendidikan maupun teknologi adalah matematika (Lestari *et al.,* 2022). Karena itu, matematika diajarkan disetiap jenjang pendidikan. Tujuan pengajaran matematika adalah untuk membantu siswa berpikir kritis, logis, analitis, artistik, dan kolaboratif (Suharti *et al.*, 2022). Agar tujuan kegiatan pembelajaran matematika di sekolah dapat tercapai, matematika diharapkan menjadi mata pelajaran yang disenangi dan menarik

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

bagi siswa. Akan tetapi disekolah masih dijumpai siswa yang men'judge matematika sebagai mata pelajaran yang rumit dan tidak konkret di sekolah (Lestari *et al.*, 2022). Sejalan dengan sudut pandang sebelumnya, Nopela *et al.*, juga menemukan dalam penelitian mereka bahwa mayoritas siswa menganggao matematika sebagai mata pelajaran yang rumit dan tidak menyenangkan karena abstrak dan kebanyakan rumus, angka, dan simbol yang kecenderungan membingungkankan (Nopela *et al.*, 2020). Karena ketidaksukaan siswa terhadap kelas matematika menghalangi mereka untuk mencapai hasil belajar terbaik.

Hasil belajar merupakan perolehan dari upaya untuk mengubah atau meningkatkan keterampilan kognitif, afektik dan psikomotorik. Hasil belajar matematika merupakan kemahiran yang didapat siswa meliputi pemahaman, memecahkan masalah matematika, dan menguasai konsep perhitungan yang diterima siswa dalam bentuk angka atau huruf (Dewi *et al.*, 2020). Berlandaskan hasil belajar tersebut, pengajar dapat mengumpulkan data mengenai sejauh mana tingkat pemahaman siswa terhadap materi yang dipelajari. Namun, hasil belajar beberapa siswa di sekolah yang belum memenuhi Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM). Secara umum, pengaruh internal dan eksternal memiliki dampak terhadap hasil belajar. Faktor internal mencakup hal-hal seperti kecerdasan, motivasi, kepercayaan diri, dan lainnya yang diperoleh dari dalam diri. Di sisi lain, faktor eksternal seperti lingkungan sekitar, guru, dan strategi pengajaran adalah faktor yang diperoleh dari luar diri sendiri. Kepercayaan diri yaitu salah satu faktor penting dari dalam diri yang berguna untuk meningkatkan hasil belajar matematika.

Lauster mendefinisikan kepercayaan diri sebagai suatu posisi atau kepastian terhadap kemahiran diri yang mencegah pribadi tersebut untuk bertindak bebas, tidak terlalu khawatir terhadap tindakannya, dan tidak bersikap ramah dan santun saat berinteraksi dengan orang lain, menerima dan menghormati mereka, serta mengakui kekuatan dan kelemahan mereka. Kepercayaan diri sering dikaitkan dengan ketekunan seseorang dalam mengejar tujuannya, seperti mencapai hasil belajar setinggi mungkin di sekolah (Setyowati & Widana, 2016). Namun pada kenyataannya, sebagian besar murid kurang memiliki rasa percaya diri, yang terlihat saat kegiatan belajar mengajar. Banyak siswa yang takut menjawab pertanyaan guru, bahkan ada yang saling menuduh teman ketika diminta menjawab.

Dalam belajar matematika, rasa percaya diri siswa adalah faktor yang penting yang harus dimiliki siswa guna mencapai hasil belajar yang maksimal. Hal itu dikarenakan dengan adanya rasa percaya diri siswa akan terjadi interaksi yang baik pada saat kegiatan pembelajaran matematika (Rustan & Bahru, 2018). Kepercayaan diri adalah salah satu taktik keberhasilan siswa untuk mendapatkan hasil belajar matematika yang bagus (Malinda & Minarti, 2018). Penelitian yang dilakukan oleh Suharti, F. Rahayu, dan A. Halimah menunjukkan bahwa kepercayaan diri berkontribusi sebesar 67,3% terhadap pencapaian hasil belajar matematika siswa kelas 8 di SMP IT Putri Wahdah Islamiyah Makassar (Suharti, F. Rahayu & A. Halimah, 2022). Lebih lanjut, penelitian Hanifatul Aini, *et al*., menemukan bahwa siswa kelas VIII SMP 1 Rifa'iyyah memiliki tingkat kepercayaan diri yang lebih tinggi sebesar 39,9% dalam hal prestasi belajar matematika (Aini *et al*., 2023).

Berdasarkan hasil percakapan (tanya jawab) yang dilaksanakan pada tanggal 20 Januari 2024 bersama guru matematika kelas X di SMA Negeri 1 Deli Tua yaitu Ibu Syamsinar, S.Pd yang mengatakan bahwa *"tingkat kepercayaan diri beberapa siswa ketika belajar matematika pada kelas X masih termasuk kategori rendah"*. Menurut beliau hal tersebut kemungkinan besar terjadi karena mayoritas siswa yang masih menilik matematika sebagai mata pelajaran yang rumit, membosankan,

dan tidak bermanfaat. Hal ini dijelaskan lebih lanjut oleh pernyataan bahwa ketika guru mengajukan pertanyaan tentang bidang studi yang sedang dibahas, siswa biasanya tetap diam dan ragu untuk menyuarakan pendapatnya. Selain itu pada kegiatan diskusi hasil presentasi teman sekelasnya juga tidak banyak yang turut aktif dalam memberikan pertanyaan, saran atau pendapat kepada kelompok yang presentasi yang dikarenakan kurangnya rasa kepercayaan diri siswa. Pada kegiatan mengerjakan soal latihan juga tidak jarang siswa lebih memilih mengikuti jawaban atau dengan kata lain menyontek dibandingkan mengumpulkan hasil kerjanya sendiri bahkan terkadang ada siswa yang tidak mengumpulkan tugasnya. Selain itu Ibu Henni juga mengatakan bahwa ketika melakukan ulangan harian tak jarang masih terdapat siswa yang tidak tenang, dalam kata lain sering bertanya pada teman-teman disekitar tempat duduknya untuk memperoleh jawaban dibandingkan menyelesaikannya dengan kemampuan sendiri. Setelah dicermati hasil ulangan siswa, masih ditemukan siswa yang belum menggapai Kriteria Ketuntasan Minimum (KKM). Dengan penjabaran diatas maka maksud dan tujuan kajian ini adalah untuk mengetahui apakah tingkat *self confidence* memberikan pengaruh akan hasil belajar matematika siswa, serta sejauh mana *self confidence* memberikan pengaruh akan hasil belajar matematika siswa kelas X di SMA Negeri 1 Deli Tua.

METODE PENELITIAN

SMA Negeri 1 Deli Tua yang berlokasi di Jl. Pendidikan No. 1 Deli Tua, Kecamatan Delitua, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara dipilih menjadi tempat penelitian. Penelitian ini dikategorikan sebagai penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode kausalitas. Penelitian ini melibatkan seluruh siswa kelas X di SMA Negeri 1 Deli Tua sebagai populasi, dengan total 428 siswa yang terbagi ke dalam 12 kelas. Karena populasi merupakan kelompok atau klaster yang mempunyai sifat yang sama atau homogen, maka teknik *cluster random sampling* (pengambilan sampel acak klaster) digunakan untuk menentukan sampell (Sukmadinata, 2010). Berdasarkan hasil pengamatan dan percakapan dengan guru di sekolah didapat informasi bahwasanya kelas X di sekolah tersebut tidak memiliki kelas khusus atau kelas unggulan. Setiap kelas memuat siswa yang memiliki kemampuan tinggi, sedang, serta kurang cukup atau dengan kata lain kemampuan siswa merata di setiap kelas. Dengan demikian karena siswa dalam setiap kelas dapat dianggap homogen, maka kelas yang sudah terbentuk dapat dianggap sebagai klaster-klaster. Maka dalam penelitian ini dari 12 klaster atau kelas yang tersedia akan terpilih satu kelas yang akan digunkan sebagai sampel penelitian. Cara pemilihan sampel yaitu melalui undian nomor yang berisi angka sebanyak jumlah kelas yang ada yaitu 12 kelas yang nantinya akan diundi, dimana angka pertama yang diperoleh dalam putaran undian tersebut akan menjadi sampel penelitian. Nomor yang terambil untuk menjadi sampel penelitian ini adalah nomor 1 yaitu kelas X-1 yang memiliki jumlah siswa sebanyak 34 siswa.

Tes hasil belajar matematika dan instrumen kuesioner digunakan sebagai teknik pengambilan data penelitian. Kuesioner yang diterapkan adalah kuesioner tertutup dengan skala likert. Untuk mengukur rasa percaya diri, kuesioner tersebut mencakup pernyataan tentang sikap dengan 4 opsi jawaban: SL (Selalu), SR (Sering), KD (Kadang-kadang), dan TP (Tidak Pernah). Indikator-indikator kepercayaan diri tersebut meliputi: a) Memiliki keyakinan terhadap kapasistas matematika sendiri; b) Bertindak mandiri ketika membuat keputusan; c) Mempunyai citra diri yang baik dan menghargai orang lain ketika belajar matematika; d) Berani mengungkapkan ide atau pendapat ketika belajar matematika; e) Mengenali manfaat dan kekurangan belajar matematika; dan f) Mampu menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan yang terkait dengan kegiatan belajar matematika. Adapun hipotesis

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

kajian ini yaitu terdapat pengaruh antara kepercayaan diri *(self confidence)* terhadap hasil belajar matematika siswa kelas X di SMA Negeri 1 Deli Tua.

Terdapat 25 pernyataan dalam kuesioner kepercayaan diri siswa dan terdapat lima pertanyaan uraian dengan materi eksponen dalam tes hasil belajar matematika siswa. Kepercayaan diri siswa dikategorikan dalam lima tingkatan. Skor 86–100 menunjukkan kepercayaan diri Sangat Tinggi, sedangkan skor 66 – 85 tergolong Tinggi. Siswa dengan skor 45 – 65 memiliki kepercayaan diri Sedang, sementara skor 26 – 45 masuk kategori Rendah. Adapun skor 0 – 25 menunjukkan kepercayaan diri Sangat Rendah. Kemudian, hasil belajar matematika siswa dikategorikan menjadi empat tingkatan, yaitu Tinggi untuk nilai 89 – 100, Cukup Tinggi untuk nilai 79 – 88, Sedang untuk nilai 70 – 78, dan Rendah bagi siswa dengan nilai 0 – 69. Uji normalitas, homoskedastisitas, dan linearitas merupakan uji prasyarat analisis yang diterapkan dalam riset ini. Hipotesis yang disusun kemudian dianalisis menggunakan regresi linier sederhana, sedangkan uji koefisien determinasi diterapkan untuk menilai sejauh mana kepercayaan diri berpengaruh terhadap hasil belajar matematika siswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Skor optimal, minimal, rata-rata, dan kategori skor kepercayaan diri siswa merupakan hasil interpretasi data deskriptif penilaian kepercayaan diri siswa. Hasil analisis menampilkan bahwasanya skor maksimum adalah 95, skor minimum adalah 46 dan skor rata-rata adalah 75,412. Distribusi kepercayaan diri siswa menunjukkan bahwa 20,59% (7 siswa) berada pada kategori Sangat Tinggi. 58 99% (20 siswa) dalam kategori Tinggi, dan 20,59% (7 siswa) termasuk kategori Sedang, sementara itu tidak ditemukan siswa yang berada dalam kategori Rendah atau Sangat Rendah.

Nilai optimal, minimal, rata-rata, dan kategori nilai hasil belajar matematika siswa merupakan hasil interpretasi data deskriptif penilaian hasil belajar matematika siswa. Hasil analisis menampilkan bahwasanya nilai maksimum hasil belajar yakni 98, nilai minimum hasil belajar yakni 57 dan nilai rata-rata hasil belajar yakni 82,112. Distribusi hasil belajar matematika siswa menunjukkan bahwa 29,41% (10 siswa) memiliki hasil Tinggi, 29,41% (10 siswa) masuk dalam kategori Cukup Tinggi, 32,36% (11 siswa) berada pada kategori Sedang dan 8,82% (3 siswa) tergolong Rendah. Metode Shapiro-Wilk digunakan untuk mengevaluasi kenormalan data, dan jika nilai $sig > 0.05$, data dianggap mengikuti distribusi normal. Temuan pemeriksaan kenormalan data menggunakan SPSS 22 disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 1. Hasil Uji Normalitas Data

Variabel	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
Kepercayaan Diri	.954	34	.158
Hasil Belajar	.953	34	.151

Merujuk pada tabel 1 dapat kita lihat bahwasanya variabel kepercayaan diri memperoleh nilai $sig > 0.05$ yakni $0.158 > 0.05$, yang menampilkan bahwasanya data kepercayaan diri berdistribusi normal. Untuk variabel hasil belajar juga nilai $sig > 0.05$ yakni $0.151 > 0.05$, yang menampilkanbahwa data hasil belajar matematika siswa juga berdistribusi normal.

Untuk menentukan apakah varians galat atau residual konstan, data tersebut dikenakan uji homoskedastisitas. Karena model persamaan regresi yang siginifikan adalah model yang memenuhi homoskedastisitas. Teknik *Glejser* digunakan untuk melakukan uji homoskedastisitas, dan jika nilai

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

$sig > 0{,}05$, maka homoskedastisitas terpenuhi. Hasil uji homoskedastisitas menggunakan SPSS 22 ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Hasil Uji Homoskedastisitas Data

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	*(Constant)*	15.143	5.467		2.770	.009
	Kepercayaan Diri	-.117	.072	-.278	-1.638	.111

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai $sig > 0.05$ yaitu $0.111 > 0.05$ hal ini bermakna bahwasanya homoskedastisitas terpenuhi serta tidak terjadi gejala heterokedastisitas. Berdasarkan syarat pengujian linearitas, model persamaan regresi yang digunakan dianggap linear jika nilai signifikansi $deviation\ of\ linearity > 0.05$. Hasil uji linearitas menggunakan SPSS 22 ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Uji Linearitas

ANOVA Table

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Hasil Belajar * Kepercayaan Diri	Between Groups	(Combined)	2665.552	15	177.703	2.909	.017
		Linearity	1486.112	1	1486.112	24.332	.000
		Deviation from Linearity	1179.440	14	84.246	1.379	.257
	Within Groups		1099.389	18	61.077		
	Total		3764.941	33			

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai sig dari $deviation\ of\ linearity > 0.05$ yaitu $0.257 > 0.05$ yang bermakna bahwasanya model persamaan regresi yang digunakan adalah linear. Hasil uji regresi linear sederhana dengan SPSS 22 ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Hasil Regresi Linear Sederhana

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	42.136	8.947		4.710	.000
	Kepercayaan Diri	.530	.117	.625	4.528	.000

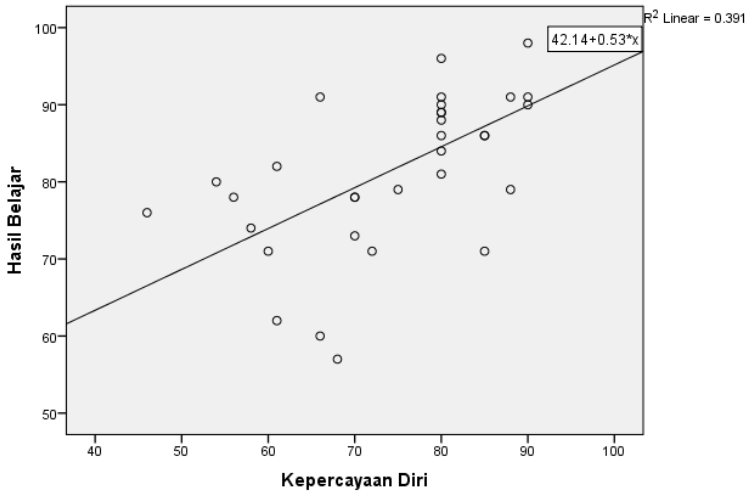
ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1455.010	1	1455.010	20.506	.000[b]
	Residual	2270.520	32	70.954		
	Total	3725.529	33			

Sesuai dengan tabel *coefficients* pada tabel 4 diperoleh harga konstanta 42,136 dan nilai variabel kepercayaan diri 0,530 maka diperoleh persamaan regresi linear sederhana $\hat{Y} = 42{,}136 + 0{,}530X$. Karena nilai koefisien regresi bertanda positif maka dapat dikatakan bahwa hasil belajar matematika dipengaruhi secara positif oleh tingkat kepercayaan diri siswa. Untuk melihat apakah hipotesis penelitian terpenuhi atau tidak maka kriteria pengambilan keputusannya yaitu tolak H_0 dan terima H_1 jika nilai $sig < 0.05$ dan nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$. Berdasarkan tabel *annova* pada tabel 4 dipaparkan bahwasanya nilai $sig < 0.05\ (0.000 < 0.05)$ dan $F_{hitung} > F_{tabel}\ (20{,}506 > 4{,}15)$. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa hasil belajar matematika siswa kelas X SMA Negeri 1 Deli Tua

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dipengaruhi oleh tingkat kepercayaan dirinya. Berikut ini adalah diagram sebar dan garis regresi yang menunjukkan hubungan antara kepercayaan diri siswa kelas X dengan hasil belajar matematika siswa SMA Negeri 1 Deli Tua.



Gambar 1. Scatterplot dan Garis Regresi Data

Merujuk pada gambar 1 dapat kita lihat pola garis lurus terbentuk dari titik-titik plot dari bagian kiri bawah naik bagian kanan atas sehingga dapat dinyatakan bahwasanya kepercayaan diri berkorelasi positif dengan hasil belajar matematika mereka, yang beramakna apabila semakin tinggi kepercayaan diri siswa, maka hasil belajar matematika mereka pun akan meningkat. Untuk melihat seberapa jauh pengaruh *self confidence* terhadap hasil belajar matematika siswa kelas X di SMA Negeri 1 Deli Tua dihitung dengan menggunakan koefisien determinasi dengan menggunakan SPSS pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. Hasil Koefisien Determinasi

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.625[a]	.391	.372	8.423

Tabel 5 menunjukkan harga kofisien *R Square* atau koefisien determinasi sebesar 0,391 atau 39,1%. Hal ini bwrmankna bahwasanya besarnya pengaruh kepercayaan diri terhadap hasil belajar matematika siswa kelas X SMA Negeri 1 Deli Tua sebesar 39,1%, sedangkan sisanya sebesar 60,9% disebabkan oleh faktor lainnya yang tidak tercakup di kajian ini.

Temuan studi ini diperkuat oleh penelitian Suharti, *et al.*, (2022) yang menyatakan bahwa peningkatan rasa percaya diri berhubungan dengan peningkatan hasil belajar matematika peserta didik, hasil penelitian menjabarkan bahwasanya rasa percaya diri memengaruhi pencapaian belajar matematika murid kelas VIII SMP IT Putri Wahdah Islamiyah Makassar. Dampak rasa percaya diri peserta didik terhadap pencapaian belajar matematika siswa mencapai 67,3%, sementara sisanya 32,7% merupakan efek faktor lainnya. Selanjutnya menurut penelitian Khaerani dan Syamsuriyawati (2023), keyakinan diri memberikan dampakpositif sebesar 11,5% terhadap pencapaian belajar murid kelas IX di SMP YP PGRI 4 Makassar, sementara faktor lain menjelaskan 88,5% sisanya. Selain itu, penelitian Hanifatul Aini et al., (2023) menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara kepercayaan diri anak didik. Temuan penelitian menunjukkan bahwa tingkat kepercayaan diri memengaruhi pencapaian belajar matematika anak didik kelas VIII di SMAN 01 Rifa'iyyah Sapuran. Dampak rasa

percaya diri terhadap hasil belajar anak didik adalah 39%, sementara 61% sisanya dipengaruhi oleh faktor-faktor lain.

KESIMPULAN

Berlandaskan hasil dan pembahasan hasil penelitian diatas maka diperoleh kesimpulan: Pertama, sesuai dengan hasil analisis regresi linear sederhana diperoleh model persamaan regresi linear $\hat{Y} = 42{,}136 + 0{,}530X$ dan uji kebrartian koefisien arah regresi menghasilkan nilai $F_0 > F_{tabel}$ yaitu $20{,}506 > 4{,}15$ sehingga dapat dikatakan bahwa koefisien regresi berarti (signifikan). Karena koefisien regresi berarti sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh kepercayaan diri siswa terhadap hasil belajar matematika siswa kelas X di SMA Negeri 1 Deli Tua. Kedua, besar pengaruh kepercayaan diri (*self confidence*) terhadap hasil belajar matematika siswa kelas X di SMA Negeri 1 Deli Tua dapat dilihat dari hasil uji koefisien determinasi (R^2) yang didiperoleh yakni sebesar 39,1% yang berarti variabel kepercayan diri (*self confidence*) mempengaruhi variabel hasil belajar matematika sebesar 39,1% dan sisanya 60,9% dipengaruhi oleh faktor lain.

DAFTAR PUSTAKA

Agustina, Indah. (2019). Pentingnya berpikir kritis dalam pembelajaran matematika di era revolusi industri 4.0. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 8, 1-9.

Aini, *et al*. (2023). Pengaruh Kepercayaan Diri Terhadap Prestasi Belajar Matematika Siswa. *Educationist: Journal Of Educational and Cultural Studies*. 2(1), 106-113.

Dewi, *et al*. (2020). Pengaruh Kepercayaan Diri Terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa Kelas VIII SMP Negeri 5 Kuta Selatan. *Mahasaraswati Seminar Nasional Pendidikan Matematika (MAHASENDIKA)*. 77-86.

Hanim, *et al*. (2022). *Psikologi Belajar*. Tanggerang: Wade Group.

Khaerani dan Syamsuriyawati. (2023). Pengaruh Tingkat Kepercayaan Diri Terhadap Prestasi Belajar Matematika Siswa Kelas IX SMP YP PGRI 4 Makassar. *Jurnal Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika*. 6(1), 136-141.

Lestari, *et al*. (2022). Pengaruh Kepercayaan Diri dan Gaya Belajar Terhadap Hasil Belajar Matematika. *Griya Journal of Mathematics Education and Application.* 1(3), 748-756.

Malinda, P., & Minarti, E. D. (2018). Pengaruh *Self Confidence* Terhadap Kemampuan Koneksi Matematis Siswa SMP. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 2(3), 1829-1837.

Noormandiri, B.K. (2021). *Matematika Untuk SMA/MA Kelas X*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Nopela, *et al*. (2020). Pengaruh Kecemasan Matematika Siswa Kelas VII Terhadap Hasil Belajar Di Smp Negeri 3 Kota Bengkulu. *Jurnal Derivat*. 7(2), 75-84.

Ramadhani, Rahmi & Bina, Nuraini Sri. (2021). *Statistika Penelitian Pendidikan*. Jakarta: Kencana.

Rustan, Muh. Edhy dan Bahru, Said. (2018). Penguatan *Self Confidence* dalam Pembelajaran Matematika melalui Metode Suggestopedia. *Al-Khwarizmi: Jurnal Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.* 6(1), 1-14.

Setyowati, Devi dan Widana, I Wayan. (2016). Pengaruh Minat, Kepercayaan Diri, Dan Kreativitas Belajar Terhadap Hasil Belajar Matematika. *Jurnal EMASAINS.* 5(1), 66-72.

Sugiyono. (2021). *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Sugiyono. (2021). *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.

Suharti, *et al*. (2022). Pengaruh Kepercayaan Diri Terhadap Hasil Belajar Matematika Peserta Didik Kelas VIII SMP IT Putri Wahdah Islamiyah Makassar. *Jurnal Pendidikan Matematika Undiksha.* 13(2), 1-10.

Suyono. (2015). *Analisis Regresi untuk Penelitian*. Yogyakarta: Deepublish.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Penerapan Pembelajaran Kontekstual Berbantuan Aplikasi Desmos untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa SMA

Elia Elfani
Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
Coresponding Author: eliaechan@gmail.com

Abstrak, penelitian ini bertujuan untuk untuk mengetahui penerapan pembelajaran kontekstual berbantuan aplikasi Desmos dalam meningkatkan kemampuan komunikasi matematis siswa kelas XI SMA Al-Ulum Medan. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen dengan desain kuasi eksperimen. Sampel penelitian ini terdiri dari dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen yang diterapkan pembelajaran kontekstual berbantuan Desmos, dan kelompok kontrol diterapkan pembelajaran kontekstual tanpa berbantuan Desmos. Instrumen yang digunakan adalah tes komunikasi matematis dan lembar observasi. Hail penelitian menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran Kontekstual berbantuan aplikasi Desmos dapat meningkatkan kemampuan komunikasi matematis siswa secara signifikan. Hal ini terlihat dari perbedaan nilai yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, serta peningkatan keterampilan komunikasi matematis siswa dalam mendiskusikan dan memecahkan masalah matematika secara lebih efektif. Berdasarkan temuan tersebut, pembelajaran kontekstual berbantuan Desmos dapat dijadikan alternatif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran matematika dan kemampuan komunikasi matematis siswa.
Kata kunci: Aplikasi Desmos; Komunikasi Matematis; Pembelajaran Kontekstual

Abstract, *this study aims to determine the application of contextual learning assisted by the Desmos application in improving the mathematical communication skills of grade XI Students of Al-Ulum High School Medan. This study uses an experimental research method with a quasi-experimental design. The sample of this study consisted of two groups: the experimental group that applied Desmos-assisted contextual learning and the control group that applied contextual learning without Desmos-assisted. The instruments used are mathematical communication tests and observation sheets. Research shows that contextual learning assisted by the Desmos application can significantly improve students' mathematical communication skills. This can be seen from the significant difference in scores between the experimental and control groups, as well as the improvement of students' mathematical communication skills in discussing and solving mathematical problems more effectively*
Keywords*: Desmos Application; Mathematical Communication; Contextual Learning*

Citation : Elfani, E. (2024). Penerapan Pembelajaran Kontekstual Berbantuan Aplikasi Desmos untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa SMA. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 680 – 678

PENDAHULUAN

Matematika adalah bahasa universal yang digunakan untuk memahami dan menggambarkan fenomena di dunia. Selain berperan sebagai alat berpikir dalam menemukan pola dan memecahkan masalah, matematika juga menjadi sarana komunikasi yang efektif. Dengan simbol dan notasi yang jelas, matematika memungkinkan penyampaian ide secara ringkas dan tanpa ambiguitas. Keunggulannya terletak pada sifatnya yang objektif dan terstruktur, sehingga dapat menghubungkan berbagai bidang ilmu. Selain itu, Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan (2017) pembelajaran matematika bukan hanya aktivitas individu, tetapi juga proses sosial yang menghubungkan komuniksi antara guru dan siswa. Selain menjadi materi akademis, matematika berfungsi sebagai sarana komunikasi yang memperkuat hubungan antara pengajar dan peserta didik. Melalui diskusi dan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pemecahan masalah bersama, siswa dapat bertukar ide, mengembangkan pemikiran kritis, serta meningkatkan keterampilan kolaborasi. Dengan demikian, belajar matematika tidak hanya berfokus pada aspek akademik, tetapi juga memperkaya keterampilan sosial dan intelektual.

Banyak siswa masih kesulitan berkomunikasi secara matematis, baik lisan maupun tulisan, karena pemahaman konsep yang kurang mendalam. Akibatnya, mereka sulit menghubungkan konsep matematika dengan aplikasi nyata atau konsep yang lebih kompleks. Ketidaktepatan dalam penggunaan simbol matematika yang abstrak dan kompleks menjadi hambatan, terutama bagi siswa yang belum memahami konsep dasarnya. Ketidakmampuan siswa mengartikulasi ide matematis secara jelas dapat menghambat penyelesaian soal dan menurunkan kepercayaan diri. Oleh karena itu, pembelajaran harus menekankan pengembangan komunikasi matematis, tidak hanya pada pemahaman teori, tetapi juga melalui latihan yang mendorong diskusi dan penyampaian ide secara lisan maupun tulisan. Pendekatan komunikasi matematis dapat ditingkatkan melalui diskusi kelompok, presentasi, dan alat bantu visual. Hal ini membantu siswa memahami konsep secara konkret, meningkatkan keterampilan pemecahan masalah, dan mempersiapkan mereka menghadapi tantangan kognitif yang lebih kompleks.

Model pembelajaran yang ditetapkan pemerintah dirancang untuk mengembangkan kompetensi siswa secara menyeluruh. Selain transfer pengetahuan, model ini juga menekankan keterampilan berpikir kritis, kreatif, serta kemampuan sosial dan emosional. Pendekatan seperti pembelajaran berbasis masalah, kooperatif, dan aktif mendorong keterlibatan siswa secara mandiri maupun dalam kelompok. Model pembelajaran ini dirancang untuk membuat pembelajaran lebih kontekstual dan relevan dengan kehidupan nyata, membantu siswa menghubungkan materi dengan pengalaman sehari-hari dan dunia kerja. Selain itu, guru memiliki fleksibilitas dalam memilih pendekatan yang sesuai dengan karakteristik siswa dan kondisi kelas. Dengan berbagai model pembelajaran, diharapkan tercipta suasana belajar yang interaktif, inovatif, dan mendukung pengembangan potensi siswa secara holistik. (Kemendikbud, 2016).

Salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi kesulitan komunikasi matematis siswa adalah dengan mengintegrasikan pembelajaran kontekstual yang didukung oleh teknologi. Pembelajaran kontekstual yang berfokus pada pengaitan materi yang diajarkan dengan situasi atau masalah yang relevan dalam kehidupan sehari-hari, sehingga siswa dapat lebih mudah memahami dan melihat hubungan antara konsep-konsep matematika dengan pengalaman mereka sendiri. Dengan demikian, teknologi diharapkan dapat membantu mempermudah kemampuan siswa dalam memahami konsep-konsep matematika yang kompleks, tetapi juga memberikan cara yang lebih efektif bagi mereka untuk mengkomunikasikan dan mendiskusikan ide-ide matematis secara visual dan intuitif (Breslyn, 2017). Kombinasi pembelajaran terkait konteks dan penggunaan teknologi ini dapat memberikan pengalaman belajar yang lebi menarik dan relevan. Ini akan lebih mendukung siswa dalam mengembangkan keterampilan komunikasi matematika.

Pembelajaran Kontekstual

Menurut Zubaidah Amir MZ dan Fitria Rizka Mulyani (2019), pembelajaran berbasis konteks menekankan koneksi dengan kehidupan sehari-hari siswa dan didasarkan pada konstruktivisme, di mana pengetahuan dibangun melalui interaksi positif dengan lingkungan. Pendekatan ini membantu siswa tidak hanya menguasai rumus dan prosedur, tetapi juga memahami prinsip dasar matematika dengan menghubungkannya ke situasi nyata. Maryati (2018) menambahkan bahwa pembelajaran

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

kontekstual efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep matematika, keterampilan berpikir kritis, serta motivasi belajar, yang berdampak positif pada hasil belajar siswa.

Pembelajaran kontekstual menekankan keterkaitan antara materi dengan pengalaman nyata siswa, mencakup lingkungan, keluarga, dan masyarakat, sehingga pembelajaran lebih relevan dan bermakna. Dalam matematika, konsep dapat dikaitkan dengan situasi sehari-hari, seperti keuangan atau perhitungan waktu, agar siswa memahami aplikasinya dalam kehidupan nyata. Menurut Komalasari (2017), pendekatan ini tidak hanya membantu pemahaman teori, tetapi juga meningkatkan motivasi, berpikir kritis, dan kreativitas dalam pemecahan masalah. Surdin (2018) menambahkan bahwa pembelajaran kontekstual lebih bermakna karena menekankan pemahaman melalui pengalaman praktis, bukan sekadar menghafal, sehingga meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa secara keseluruhan.

Namun, meskipun memiliki banyak keunggulan, pembelajaran kontekstual juga memiliki beberapa kelemahan. Salah satu tantangan utama adalah kebutuhan untuk pengelolaan pembelajaran yang efektif oleh guru. Pembelajaran kontekstual sering kali melibatkan kegiatan yang lebih interaktif dan berbasis pengalaman, yang memerlukan perencanaan yang matang serta keterampilan guru dalam memfasilitasi diskusi, pemecahan masalah, dan kolaborasi antara siswa. Jika pengelolaan kelas tidak dilakukan dengan baik, tujuan pembelajaran dapat terganggu, dan proses belajar dapat menjadi kurang optimal. Misalnya, jika siswa tidak dapat menghubungkan materi dengan konteks yang sesuai, atau jika interaksi antara siswa dan guru tidak terarah, maka pembelajaran kontekstual mungkin tidak memberikan hasil yang maksimal. Sehingga, guru seharusnya memiliki strategi yang cocok untuk dapat mengelola kelas secara efektif, agar pembelajaran kontekstual dapat mencapai tujuannya dalam meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa.

Menurut Rusman (dalam Prasetyo Parhusip & Hardini, 2020), pembelajaran kontekstual didasarkan pada tujuh prinsip utama: konstruktivisme, penemuan, bertanya, masyarakat belajar, pemodelan, refleksi, dan penilaian autentik, yang saling mendukung dalam meningkatkan pemahaman siswa. Konstruktivisme menekankan bahwa siswa membangun pemahaman melalui interaksi dan pengalaman langsung, sementara penemuan (inquiry) mendorong eksplorasi mandiri untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis. Bertanya (questioning) merangsang pemikiran mendalam, dan masyarakat belajar menekankan kolaborasi antar siswa dalam memahami konsep matematika. Pemodelan (modeling) membantu siswa dengan demonstrasi nyata dalam pemecahan masalah, sedangkan refleksi (reflection) memungkinkan mereka mengevaluasi pemahaman dan meningkatkan pembelajaran ke depan.

Terakhir, prinsip Authentic Assessment atau penilaian sebenarnya menekankan pentingnya penilaian yang mencerminkan situasi kehidupan nyata, bukan hanya sekadar ujian atau tes formal. Penilaian ini bisa berupa tugas atau proyek yang mengharuskan siswa untuk mengaplikasikan konsep-konsep matematika dalam konteks yang sesuai dengan kehidupan mereka, sehingga memungkinkan penilaian pemahaman siswa secara menyeluruh dan nyata. Prinsip-prinsip tersebut sangat relevan dalam pembelajaran matematika kontekstual, karena memberi ruang untuk siswa untuk menghubungkan pembelaajaran dengan pengalaman sehari-hari mereka. Misalnya, dalam pembelajaran matematika kontekstual, guru dapat mengaitkan konsep matematika dengan pengalaman siswa dalam aspek agama, sosial, budaya, atau kejadian pribadi yang mereka alami. Dengan demikian, matematika tidak lagi terasa sebagai subjek yang terpisah dari kehidupan mereka, tetapi menjadi alat yang berguna untuk memahami dan memecahkan masalah nyata. Melalui penerapan prinsip-prinsip ini, baik guru maupun siswa dapat menciptakan pembelajaran yang lebih

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

menarik, bermakna, dan berdampak pada pemahaman konsep-konsep matematika yang lebih mendalam.

Aplikasi Desmos

Desmos, dikembangkan oleh Eli Luberoff dan diluncurkan pada 2011, adalah platform kalkulator grafik canggih yang tersedia secara online dan dalam aplikasi seluler. Desmos mendukung pembelajaran interaktif dengan fitur seperti class activity, plotting data, grafik animasi, dan slider untuk menyesuaikan variabel secara real-time, memudahkan eksplorasi konsep matematika secara visual (Siti, 2022). Dengan antarmuka yang ramah pengguna, Desmos memungkinkan siswa menggambar grafik, memanipulasi parameter, serta memahami hubungan antar variabel lebih mendalam. Selain itu, aplikasi ini membantu eksplorasi konsep matematika kompleks seperti sistem persamaan, limit, turunan, dan integral secara intuitif dan interaktif.

Penggunaan Desmos saat belajar matematika membuka peluang kepada siswa bersikap aktif belajar dalam proses belajar mereka, bukan sekedar menerima informasi secara pasif. Melaui visualisasi langsung, siswa dapat lebih mudah mengidentifikasi pola-pola, memahami perilaku grafik, serta menggali konsep-konsep yang mungkin sulit dipahami jika hanya dijelaskan secara abstrak. Selain itu, Desmos juga menyediakan fitur untuk membandingkan berbagai representasi matematika, seperti grafik dan tabel, yang membantu siswa melihat hubungan antara bentuk aljabar dan visualisasi geometris. Ini sangat bermanfaat dalam memperdalam pemahaman mereka terhadap konsep matematika yang sering dianggap rumit atau abstrak.

Lebih jauh lagi, penggunaan teknologi seperti Desmos mendukung pengembangan keterampilan komunikasi matematis siswa. Ketika siswa menggunakan Desmos, mereka bukan hanya mempelajari konsep matematika secara mendalam, tetapi juga mengembangkan kemampuan dalam menyampaikan ide mereka dengan jelas melalui grafik dan representasi visual lainnya. Mereka dapat menyusun argumen atau menjelaskan pemikiran mereka dengan lebih sistematis, memanfaatkan grafik untuk menggambarkan proses berpikir mereka, dan mempresentasikan hasil pemecahan masalah secara lebih jelas kepada orang lain. Hal ini sangat penting, mengingat kemampuan untuk mengkomunikasikan pemahaman matematika secara efektif adalah keterampilan kunci yang dibutuhkan di dunia pendidikan maupun dunia profesional.

Penggunaan Desmos tidak hanya bermanfaat secara akademis, tetapi juga meningkatkan rasa percaya diri siswa dalam belajar matematika. Dengan fitur interaktifnya, siswa dapat melihat dampak perubahan pada grafik secara langsung, sehingga lebih termotivasi untuk mengeksplorasi konsep matematika lebih lanjut (Desmos, 2020). Saat membuka aplikasi Desmos, pengguna dapat menyesuaikan tampilan sesuai kebutuhan, seperti kalkulator grafik, ilmiah, atau matriks. Untuk menggambar grafik fungsi, langkah-langkahnya meliputi membuka aplikasi, memilih kalkulator grafik, mengetik fungsi yang diinginkan, dan melihat hasilnya dalam bentuk grafik. Proses ini mempermudah siswa dalam memahami konsep matematika secara visual dan interaktif (Shoffa & Cahyo, 2023).

Kemampuan Komunikasi Matematis

Komunikasi adalah proses menyampaikan pesan melalui kata-kata, bahasa tubuh, dan isyarat, yang merupakan keterampilan mendasar bagi manusia sebagai makhluk sosial. Kemampuan komunikasi yang efektif sangat penting bagi pendidik dalam menyampaikan ilmu serta mengembangkan keterampilan komunikasi siswa untuk keberhasilan akademik dan sosial mereka

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

(Hodiyanto, 2017). Menurut Ruswanto (2018), indikator komunikasi matematis mencakup empat aspek utama yang mendukung pemikiran matematis. Salah satunya adalah kemampuan merefleksikan dan mengklarifikasi ide matematika, yang membantu siswa mengorganisasi dan memahami konsep secara lebih koheren. Kedua, kemampuan menghubungkan bahasa sehari-hari dengan simbol matematika menekankan pentingnya mengonversi situasi kontekstual atau masalah nyata ke dalam bentuk matematis. Hal ini tidak hanya mendukung pemecahan masalah, tetapi juga membantu dalam mengomunikasikan konsep matematika secara lebih jelas kepada orang lain. Ketiga, keterampilan dalam membaca, mendengar, menafsirkan, dan mengevaluasi ide-ide matematika mengharuskan individu untuk tidak hanya memahami simbol dan rumus, tetapi juga mampu memahami serta menganalisis penjelasan atau argumen matematis dari berbagai sumber. Kemampuan ini berperan penting dalam pembelajaran matematika, yang memerlukan analisis mendalam serta refleksi kritis terhadap informasi yang diperoleh.

Terakhir, memanfaatkan ide matematika untuk menyusun dugaan dan argumentasi yang meyakinkan mencerminkan kemampuan dalam menerapkan pengetahuan matematika untuk membangun inferensi logis serta mendukung suatu klaim dengan bukti yang kuat. Semua indikator ini saling melengkapi dan berperan dalam mengembangkan keterampilan komunikasi matematis, yang tidak hanya esensial dalam lingkungan akademik, tetapi juga dalam kehidupan sehari-hari, di mana pemecahan masalah dan pengambilan keputusan sering kali melibatkan konsep matematika. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penerapan pembelajaran kontekstual berbantuan aplikasi Desmos dalam meningkatkan kemampuan komunikasi matematis siswa kelas XI SMA AL-Ulum Medan. Di dalam penelitian ini, diharapkan siswa tidak hanya mampu memahami konsep-konsep matematika yang diajarkan, tetapi juga dapat mengkomunikasikan pemahaman mereka secara lebih efektif dan jelas.

Pembelajaran matematika kontekstual memiliki peran penting dalam membantu siswa memahami konsep secara lebih bermakna dan relevan. Pendekatan ini memungkinkan siswa menghubungkan materi dengan situasi nyata dalam kehidupan sehari-hari, sehingga mereka tidak hanya menghafal rumus, tetapi juga memahami penerapannya (Siregar et al., 2020). Selain itu, pembelajaran kontekstual meningkatkan partisipasi aktif siswa, keterampilan berpikir kritis, dan pengalaman belajar mereka. Namun, di SMA Al Ulum Medan, ditemukan permasalahan rendahnya kemampuan komunikasi matematis siswa kelas XI. Banyak siswa kesulitan menghubungkan konsep yang dipelajari dengan aplikasi nyata, menjelaskan langkah penyelesaian soal secara jelas, serta memahami dan menggunakan simbol matematika dengan benar. Kurangnya pendekatan pembelajaran yang berorientasi pada komunikasi matematis juga menjadi hambatan dalam meningkatkan pemahaman siswa.

Menurut penelitian Heriyanto, Sudiansyah, dan Ahmad Yani (2022), pemanfaatan Google Classroom dan Desmos secara signifikan meningkatkan keterampilan komunikasi matematis siswa dibandingkan metode tradisional. Penggunaan Desmos membuat siswa lebih aktif, meningkatkan pemahaman konsep, serta membantu mereka menyampaikan pemikiran dengan lebih jelas. Artikel ini membahas secara mendalam peran pembelajaran matematika kontekstual yang didukung oleh aplikasi Desmos dalam meningkatkan komunikasi matematis siswa. Untuk mengukur peningkatan tersebut, digunakan instrumen berupa tes komunikasi matematis dan lembar observasi, yang menilai keterampilan siswa dalam mengomunikasikan konsep serta tingkat keterlibatan mereka selama pembelajaran. Dengan penerapan Desmos yang efektif, diharapkan kemampuan komunikasi matematis siswa dapat berkembang lebih optimal.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode quasi eksperimen (eksperimen semu) dengan dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Kelompok eksperimen menerapkan pembelajaran kontekstual dengan bantuan aplikasi Desmos, sedangkan kelompok kontrol menjalani pembelajaran kontekstual tanpa penggunaan Desmos. Studi ini dilakukan di SMA Al-Ulum Medan dengan sampel siswa kelas XI. Populasi penelitian ini melibatkan seluruh siswa kelas XI SMA Al-Ulum Mean sebagai populasi. Sampel penelitian diambil dari kelompok siswa dalam jenjang terseput yang dipilih secara purposive, dengan mempertimbangkan kelas yang memiliki kemampuan matematika yang mirip. Dua kelas yang dipilih sebagai sampel yaitu kelas eksperimen yang terdiri dari 32 siswa dan kelas kontrol yang terdiri dari 32 siswa.

Penelitian ini menggunakan beberapa instrumen, termasuk Lembar Tes Komunikasi Matematis, yang berfungsi untuk menilai kemampuan komunikasi matematis siswa sebelum dan setelah perlakuan. Tes ini mencakup soal-soal yang mengukur pemahaman konsep matematika, kemampuan bernalar, serta keterampilan dalam menyelesaikan masalah. Selain itu, lembar observasi juga digunakan untuk menilai tingkat keaktifan dan keterlibatan siswa selama proses pembelajaran. Penelitian ini menggunakan teknik analisis data berupa Analisis Statistik Deskriptif dengan menghitung nilai rata-rata (mean) dan simpangan baku (standar deviasi) dari hasil pre-test dan post-test pada kelompok eksperimen yang menggunakan Desmos serta kelompok kontrol yang tidak menggunakannya. Uji Normalitas dan Uji Homogenitas diterapkan untuk menentukan apakah data berdistribusi normal dan kedua kelompok memiliki karakteristik yang homogen. Indeks Gain digunakan untuk mengukur peningkatan hasil belajar siswa dari pre-test ke post-test. Selain itu, Uji Anava Satu Jalur (One-way Anova) dilakukan untuk melihat perbedaan signifikan antara kedua kelompok. Lembar observasi juga digunakan untuk menilai tingkat keterlibatan siswa selama pembelajaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tes komunikasi matematis terdiri dari pre-test dan post-test. Data dianalisis untuk mengukur kemampuan komunikasi matematis siswa sebelum dan setelah menerima pembelajaran berbasis masalah, baik dengan bantuan Desmos maupun tanpa Desmos. Secara statistik, analisis dilakukan menggunakan uji Anava satu jalur. Pada pretes hasil menunjukkan bahwa rata-rata (mean) skor keterampilan komunikasi matematik siswa yang belajar dengan Desmos lebih tinggi (6,22) dibandingkan siswa tanpa Desmos (5,25). Selain itu, standar deviasi kelompok dengan Desmos (3,86) lebih besar dibandingkan tanpa Desmos (3,19). Kemudian rata-rata skor keterampilan komunikasi matematis siswa yang belajar dengan Desmos sebesar 12,06, lebih tinggi dibandingkan siswa tanpa Desmos yang mencapai 10,94. Selain itu, standar deviasi kelompok dengan Desmos (4,56) lebih besar dibandingkan tanpa Desmos (3,44). Berdasarkan data diperoleh bahawa untuk nilai rata-rata post-Test pembelajaran Kontekstual dengan menggunakan Desmos mendapatkan hasil lebih baik daripada nilai rata-rata hasil post-Test pembelajaran kontekstual tanpa menggunakan Desmos.

Kemudian indeks Gain kemampuan komunikasi matematik dengan Desmos (0,4892) lebih tinggi dibanding tanpa Desmos (0,3832), dengan variasi skor lebih besar pada kelompok Desmos terlihat dari nilai standar deviasinya. Sedangkan untuk uji normalitas data kemampuan komunikasi matematik siswa menggunakan meotde *Kolmogorov-Smirnov* diperoleh nilai sig. untuk PK dengan Desmos dan PK tanpa demos secara berturut-turut adalah 0,137 dan 0,200 yang artinya data berdistribusi normal. Kemudian untuk ujo homogenitas pada data kemampuan komunikasi matematis

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

siswa dengan uji *Levene* diperoleh nilai sig. (0,058) yang dapat diartikan bahwa data kemampuan komunikasi matematis siswa homogen sehingga dapat dilakukan uji ANOVA.

Tabel 1. Analisis Varians Kemampuan Komunikasi Matematik

ANOVA

Indeks Gain PK

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.168	1	.186	4.868	.035
Within Groups	2.518	62	.048		
Total	2.686	63			

Berdasarkan tabel 1 diperoleh bahwa pada taraf signifikan 5% atau $\propto = 0{,}05$, $F_{hitung} > F_{tabel}$ yaitu 4,868 > 4,0 dan Sig<$\propto$, yaitu 0,035 < 0,05. Sehingga H_0 ditolak dan H_a diterima. Dengan demikian kemampuan komunikasi matematik siswa yang diajarkan dengan pembelajaran kontekstual dengan menggunakan *Desmos* lebih baik daripada kemampuan komunikasi matematik siswa yang diajarkan dengan pembelajaran kontekstual tanpa *Desmos*.

Berbagai faktor berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan komunikasi pada kelas yang menggunakan Desmos dibandingkan dengan kelas tanpa Desmos, salah satunya adalah visualisasi konsep matematis. Desmos memungkinkan siswa untuk secara langsung memvisualisasikan grafik, fungsi, dan hubungan matematis, sehingga memperjelas pemahaman mereka. Dengan bantuan grafik interaktif, siswa dapat lebih mudah memahami konsep abstrak dan lebih mudah berkomunikasi tentang bagaimana konsep-konsep tersebut bekerja. Visualisasi ini juga membantu mengurangi kesalahpahaman, karena siswa dapat melihat perubahan yang terjadi dalam grafik secara real-time saat mereka berinteraksi dengan bantuan tersebut. Faktor selanjutnya dalam hal interaksi. Dengan menggunakan Desmos memungkinkan siswa untuk terlibat secara aktif dalam berinteraksi dengan materi pelajaran. Mereka dapat mengubah parameter fungsi, menggeser titik, atau menggambar diagram secara langsung, yang memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi berbagai skenario matematika. Proses ini memfasilitasi diskusi kelompok yang lebih mendalam, karena siswa dapat membagikan temuan mereka, bertanya, atau membandingkan ide dengan teman-teman mereka.

Faktor lainnya adalah Dengan adanya Desmos, komunikasi visual menjadi lebih jelas. Dengan menggunakan Desmos, siswa bisa mengomunikasikan ide mereka dengan cara yang lebih jelas melalui grafik atau gambar. Yang seringkali lebih efektif daripada menggunakan kata-kata atau simbol matematis. Grafik yang muncul di layar memberikan gambaran yang jelas tentang hubungan antar variabel sehingga memperkaya cara siswa menyampaikan pemahaman mereka.

Desmos menggunakan bahasa matematis yang lebih akurat dapat membantu siswa untuk menggunakan notasi matematika yang lebih tepat dan sistematis. Ini memberi siswa pemahaman yang lebih mendalam tentang bahasa matematika serta peningkatan keterampilan dalam berkomunikasi atau menulis dalam istilah matematika yang lebih formal. Dengan menggunakan Demsos, guru dapat mengarahkan diskusi kelas berdasarkan eksperimen atau hasil visual yang muncul. Guru dapat menyampaikan grafik atau perubahan pada layar untuk memfasilitasi diskusi dan memperjelas ide-ide yang sedang dibahas. Ini membantu siswa mengaitkan teori dengan praktik dan memperkuat argumen mereka dalam diskusi kelas. Dengan menggunakan fitur di Desmos, siswa dapat berkolaborasi dalam memecahkan masalah dan berbagi solusi mereka dengan teman lainnya. Kolaborasi ini membantu siswa mengkomunikasikan pemahaman mereka, saling memberikan umpan balik, dan belajar cara berpikir teman-teman mereka. Ini mendorong pengembangan kemampuan komunikasi mereka dalam konteks matematika.

Saat siswa bekerja dalam kelompok menggunakan Desmos, mereka dapat dengan mudah menguji dan mendiskusikan berbagai pendekatan untuk menyelesaikan masalah. Karena Desmos menyediakan solusi visual dan umpan balik langsung, siswa lebih mudah memahami kesalahan atau keberhasilan dalam proses menyelesaikan masalah dan ini mendukung komunikasi yang lebih efektif di antara mereka. Jika kita kaji berdasarkan hasil penelitian ini bahwa salah satu aspek utama yang berperan dalam meningkatkan komunikasi matematis siswa adalah kemampuan Desmos dalam memvisualisasikan konsep-konsep matematika. Pembelajaran matematika sering kali dianggap sulit karena banyak konsep yang bersifat abstrak. Dengan fitur grafik interaktif pada Desmos, siswa dapat melihat representasi visual dari fungsi, persamaan, dan hubungan matematis lainnya secara langsung. Visualisasi ini tidak hanya membantu dalam memahami konsep tetapi juga meningkatkan kemampuan siswa dalam mengomunikasikan ide-ide matematisnya dengan lebih jelas.

Desmos memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan materi secara langsung. Mereka dapat mengubah parameter dalam grafik, menggeser titik, atau mengamati bagaimana perubahan nilai memengaruhi bentuk grafik. Proses eksplorasi ini membuat siswa lebih aktif dalam diskusi, memungkinkan mereka untuk berbagi temuan, serta mengajukan pertanyaan dan membandingkan ide dengan teman-teman mereka. Hal ini berkontribusi dalam meningkatkan keterampilan komunikasi matematis karena siswa lebih banyak berpartisipasi dalam pembelajaran secara aktif. Desmos membantu siswa dalam menerapkan notasi matematika secara lebih sistematis dan tepat, sehingga memperdalam pemahaman mereka terhadap bahasa matematika. Hal ini juga meningkatkan keterampilan mereka dalam menulis dan berkomunikasi menggunakan istilah matematika yang lebih formal, sekaligus memperkaya kemampuan komunikasi matematis mereka.

Dengan adanya visualisasi yang dihasilkan oleh Desmos, guru memiliki kesempatan untuk mengarahkan diskusi kelas secara lebih efektif. Guru dapat menampilkan grafik atau animasi yang berkaitan dengan konsep yang sedang dipelajari dan menggunakannya sebagai dasar untuk menjelaskan serta memfasilitasi diskusi yang lebih mendalam. Hal ini membantu siswa menghubungkan teori dengan praktik, sehingga mereka dapat mengembangkan argumen yang lebih kuat dalam diskusi matematika. Dalam matematika, komunikasi tidak hanya berlangsung secara lisan, tetapi juga melalui representasi visual seperti grafik, diagram, dan notasi simbolik. Desmos memungkinkan siswa menyampaikan ide-ide mereka secara lebih visual dan intuitif, yang seringkali lebih efektif dibandingkan sekadar menggunakan kata-kata. Representasi ini juga membantu mengurangi kesalahpahaman serta meningkatkan pemahaman terhadap hubungan antarvariabel.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Nurul Choriah Tumanggor dan Yahfizham (2024), yang menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi Desmos dalam pembelajaran matematika berdampak positif terhadap hasil belajar siswa. Melalui metode Systematic Literature Review (SLR), studi ini menemukan bahwa Desmos dapat meningkatkan pemahaman konsep matematika, terutama dalam materi seperti Program Linier, Transformasi Geometri, Persamaan Kuadrat, dan Fungsi Kuadrat. Selain itu, Desmos juga berperan dalam meningkatkan kemampuan representasi matematis, koneksi dan komunikasi matematis, serta kecerdasan visual spasial dan resiliensi matematis siswa. Model pembelajaran yang didukung oleh Desmos terbukti mampu meningkatkan minat serta prestasi belajar siswa. Oleh karena itu, penggunaan aplikasi Desmos direkomendasikan sebagai alat bantu yang efektif dalam pembelajaran matematika untuk meningkatkan kualitas pembelajaran dan pemahaman siswa terhadap materi.

Temuan ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Israq Maharani, Dini Aulia, Eka Putri Yani, Rahmi Khoirun Nisa, dan Siti Halimah Tumanggor (2024), yang menunjukkan bahwa

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Desmos sebagai media pembelajaran efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap persamaan grafik trigonometri. Selain itu, aplikasi ini dapat diakses baik secara online maupun offline serta kompatibel dengan berbagai perangkat, seperti smartphone, laptop, dan komputer, sehingga dapat digunakan di dalam maupun di luar kelas. Oleh karena itu, Desmos direkomendasikan sebagai alat bantu dalam pembelajaran matematika untuk meningkatkan keterampilan dan pemahaman siswa dalam menyelesaikan masalah trigonometri.

Maka dari hasil penelitian peneliti merekomendasikan penggunaan Desmos dalam pembelajaran matematika karena tidak hanya memberikan dampak positif terhadap pemahaman konsep tetapi juga meningkatkan kemampuan komunikasi matematis siswa. Faktor utama yang mendukung peningkatan ini meliputi visualisasi konsep, interaksi yang lebih aktif, komunikasi visual yang lebih jelas, penggunaan bahasa matematis yang lebih sistematis, serta kolaborasi dan diskusi yang lebih intens. Oleh karena itu, Desmos sangat direkomendasikan sebagai alat bantu pembelajaran untuk meningkatkan keterampilan komunikasi matematis siswa serta memperkaya pengalaman belajar mereka di kelas. Hasil ini menunjukkan bahwa siswa yang belajar dengan bantuan Desmos memiliki kemampuan komunikasi matematis yang lebih baik dibandingkan dengan mereka yang hanya menggunakan pembelajaran kontekstual tanpa teknologi pendukung.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian mengenai penerapan pembelajaran kontekstual dengan bantuan aplikasi Desmos untuk meningkatkan kemampuan komunikasi matematis siswa kelas XI, dapat disimpulkan beberapa hal. Pembelajaran kontekstual berbantuan Desmos terbukti lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan komunikasi matematis siswa. Siswa yang belajar dengan Desmos dalam konteks yang relevan dengan kehidupan nyata menunjukkan peningkatan signifikan dalam menjelaskan, mengomunikasikan, dan mempresentasikan konsep matematika. Selain itu, Desmos mempermudah pemahaman konsep melalui visualisasi grafis, memungkinkan siswa melihat hubungan antar elemen matematika dengan lebih jelas serta menyampaikan pemahaman mereka dengan lebih baik. Hasil analisis data juga menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol, di mana siswa yang menggunakan Desmos memperoleh skor lebih tinggi dalam tes komunikasi matematis dibandingkan dengan mereka yang belajar tanpa aplikasi tersebut. Temuan ini mengindikasikan bahwa integrasi teknologi, khususnya Desmos, dalam pembelajaran kontekstual dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran matematika secara keseluruhan.

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah Karena penelitian ini dilakukan dalam satu sekolah, sehingga belum bisa digeneralisasikan ke seluruh siswa di berbagai wilayah. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan lebih banyak sekolah dengan jumlah sampel yang lebih besar dan lebih beragam agar dapat memperoleh gambaran yang lebih representatif tentang efektivitas pembelajaran kontekstual berbantuan aplikasi Desmos. Sebagau rekomendasi praktis, pengembangan lebih lanjut terhafap fitur-fitur dalam aplikasi Desmos yang lebih mendukung komunikasi matematis seperti alat untuk membuat presentasi matematika atau diskusi interaktif, dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

Breslyn,L. (2017). *The Impact of Desmos on Teaching and Learning Mathematics*. Mathematic Teacher, 110(6). 421-429.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Desmos. (2020). *Desmos: Graphing Calculator*. Diakses dari https://www.desmos.com

Heriyanto; Sudiansyah; Ahmad Yani T. (2022). *Peningkatan Kemampuan Koneksi dan Komunikasi Matematis Siswa Melalui Google Classroom dengan Bantuan Aplikasi Desmos*. Edukatif : Jurnal Ilmu Pendidikan, 4(3), 3221-3235.

Hodiyanto, H. (2017). *Kemampuan Komunikasi Matematis Dalam Pembelajaran Matematika*. AdMathEdu, 7(1), 9-18.

Kemendikbud. (2016). *Silabus Mata Pelajaran Sekolah Menengah Pertama/Madrasah Tsanawiyah*. Jakarta : Kemendikbud.

Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Pembinaan SMP. (2017). *Panduan Penilaian Oleh Pendidik dan Satuan Pendidikan Sekolah Menengah Pertama*. Jakarta : Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan.

Komalasari, K. (2017). *Pembelajaran Kontekstual : Konsep dan Aplikasi*.

Mahaarani, Israq; Dini Aulia; Eka Putri Yani; Rahmi Khoirun Nisa; Siti Halimah Tumanggor. (2024). *Penggunaan Aplikasi Desmos dalam Menyelesaikan Persamaan Grafik Trigonometri*. Omega : Jurnal Keilmuan Pendidikan Matematika, 3(1), 29-35.

Maryati, I. (2018). *Peningkatan Kemmapuan Penalaran Statis Siwa Sekolah Menengah Pertama Melalui Pembelajaran Kontekstual*. Mosharafa : Jurnal Pendidikan Matematika, 6(1), 129-140.

MZ, Zubaidah Amir; & Mulyani, Fitria Rizka. (2019). *Studi Literatur : Pengaruh Penerapan Model CTL Terhadap Kemampuan Koneksi Matematis Siswa dan Self Efficacy Siswa*. Jurnal Prinsip Pendidikan Matematika, 1(2), 37-45.

Parhusip, Praseyto; & Hardini. (2020). *Meta Analisis Efektivitas Pembelajaran Kontekstual Terhadap Kemampuan Pemahaman Matematika Bagi Siswa Sekolah Dasar*. Jurnla Mimbar Ilmu, 25(3), 319-326.

Ruswanto, Dwijanto; & Widowati. (2018). *Realistic Mathematics Education Model Includes Characteristic to Improve the Skills of Communication Mathematic*. Unnes Journal of Mathematics Education Research : 7(1):94-101.

Siregar, E.Y; Holila; & Ahmad, M. (2020). *The Validity of Learning Devices With a Contextual Approach to Improve Concept Understanding Abilities*. Akademika, 9(02), 145-159.

Surdin. (2018). *The Effect of Contextual Teaching and Learning (CTL) Models on Learning Outcomes of Social Sciences of the Material of forms the face of the earth on Class VII of Junior High School.* International Journal of Education and Research, 6(3), 57-64.

Tumanggor, Nurul Choriah; Yahfizham. (2024). *Systematic Literature Review : Penggunaan Aplikasi Desmos Dalam Pembelajaran Matematika*. Jurnal Holistik Analisis Nexus, 1(5), 15-22.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Ditinjau dari Gaya Belajar yang Dibelajarkan dengan Model PBM

Alda Putri Sinaga[1*], & Michael Christian Simanullang[2]
[1,2]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author:aldaputri18@gmail.com*

Abstrak, penelitian ini menerapkan metode deskriptif kualitatif dengan tujuan untuk menggambarkan kemampuan siswa kelas VIII SMP dalam memecahkan masalah, ditinjau dari gaya belajar visual, auditori, dan kinestetik, melalui penerapan model pembelajaran berbasis masalah. Subjek penelitian terdiri dari sembilan siswa, masing-masing tiga siswa untuk setiap gaya belajar. Metode pengumpulan data mencakup penggunaan kuesioner, observasi, jurnal harian, tes, dan wawancara. Triangulasi data diterapkan guna menjamin konsistensi data yang diperoleh. Hasil riset mengindikasikan bahwa: 1) siswa dengan preferensi belajar visual dapat memahami, merancang, serta melaksanakan strategi pemecahan masalah. Mereka lebih cenderung menggunakan ilustrasi dalam proses penyelesaian, tetapi masih kurang teliti saat mengecek kembali hasil yang telah diperoleh. 2) Siswa dengan preferensi belajar auditori dapat memahami dan merancang strategi dengan baik, tetapi masih melakukan kesalahan saat menerapkannya. Siswa juga belum mampu mencocokkan jawaban dengan informasi pada soal. 3) Siswa dengan preferensi belajar kinestetik dapat memahami masalah, membuat rencana dan menyelesaikannya. Selain itu, siswa cukup kompeten dalam memverifikasi hasil dari upaya pemecahan masalahnya. Perbedaan dalam kemampuan pemecahan masalah matematika siswa tergantung pada gaya belajar, mengindikasikan bahwa guru perlu mempertimbangkan gaya belajar ini ketika menerapkan proses pendidikan untuk mendorong pembelajaran aktif di antara para siswa dan meningkatkan kemampuan matematika.
Kata kunci: Gaya Belajar VAK; Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis; Model Pembelajaran Berdasarkan Masalah

Abstract, *this qualitative descriptive research aims to describe the mathematical problem-solving abilities of eighth-grade students based on visual, auditory, and kinesthetic learning styles who are taught using problem-based learning model. The subjects included nine students, with three students for each learning style. Data collection techniques included questionnaires, observation, daily journals, tests, and interviews. Data triangulation was conducted to ensure data validity and consistency. The results showed that: 1) visual learners can understand the problems and devise and carry out the plan. Students use illustrations to solve problems, but lack thoroughness in looking back at the results. 2) Auditory learners can understand and devise the plan, but still make mistakes in carrying out the plan. Looking backstage, students have not yet been able to confirm their answers to the problem information. 3) Kinesthetic learners can understand the problems and devise and carry out the plan. They are also quite capable of looking back at the results of problem-solving their problem-solving. The differences in students' mathematical problem-solving abilities based on learning styles indicate that teachers need to consider students' learning styles when carrying out the learning process so that students can engage actively in learning, which can improve their mathematical abilities.*
Keywords*: Mathematical Problem Solving; VAK Learning Sttyles; Problem Based Learning*

Citation : Sinaga, A. P., & Simanullang, M. C. (2024). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Ditinjau dari Gaya Belajar yang Dibelajarkan dengan Model PBM. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 678 – 686

PENDAHULUAN

Matematika disebut sebagai ilmu universal yang berfungsi sebagai fondasi untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Hal tersebut terbukti dalam proses pendidikan, yaitu peserta didik

di semua jenjang pendidikan, dari sekolah dasar hingga perguruan tinggi mempelajari matematika. Matematika terlibat penting dalam memajukan berbagai disiplin ilmu dan pola pikir manusia (Ahmad et al., 2022: 1). Matematika membantu siswa mengembangkan pola pikirnya, sehingga sangat penting bagi mereka untuk dapat menggunakan keterampilan matematika untuk memecahkan masalah (Utami et al., 2018: 187). NCTM (2000: 29) menyatakan bahwa agar siswa dapat memahami matematika, mereka perlu memiliki lima keterampilan: *problem solving* (pemecahan masalah), *reasoning and proof* (penalaran dan pembuktian), *communication* (komunikasi), *connections* (koneksi), dan *representation* (representasi).

Salah satu kemampuan dasar siswa dalam matematika adalah kemampuan memecahkan masalah matematis. Menurut Asmal (2020: 31), pemecahan masalah merupakan komponen penting untuk mempelajari matematika karena membantu murid dalam penerapan pengetahuan matematika yang telah diperoleh sebelumnya dan pengambilan keputusan . Kemampuan siswa untuk menggunakan pengetahuan matematikanya pada situasi yang membutuhkan proses berpikir disebut kemampuan pemecahan masalah matematika (Ulya, 2016: 91). Menurut Polya (1973: 7), ada empat langkah yang terlibat dalam penyelesaian masalah matematika, yaitu: *understanding the problem* (memahami masalah), *devising a plan* (merencanakan solusi), *carrying out the plan* (melaksanakan rencana), dan *looking back* (meninjau kembali). Siswa harus memiliki pemahaman menyeluruh tentang masalah agar dapat merumuskan jawaban, melaksanakan proses pemecahan masalah sesuai dengan rencana, dan mampu meninjau kembali langkah-langkah serta solusi yang diperoleh. Oleh karena itu, menjadi tugas pendidik untuk membekali kemampuan analitis yang diperlukan oleh siswa untuk menyelesaikan masalah matematika yang beragam.

Kemampuan siswa dalam memecahkan masalah matematika memotivasi guru untuk berupaya mengembangkan strategi pengajaran yang menarik dan berhasil bagi siswanya. Akibatnya, siswa akan mampu membangun kemampuan mereka sendiri dan berkontribusi aktif dalam proses pemecahan masalah (Sitorus & Sirait, 2022: 48). Semua siswa memiliki cara unik untuk mendapatkan dan memahami informasi. Guru harus menyadari hal ini. Pemahaman tentang setiap siswa memiliki gaya belajar yang berbeda adalah komponen utama yang menentukan keberhasilan proses pembelajaran, menurut Gunawan (2003:86). Gaya belajar merupakan salah satu elemen penting dari proses pembelajaran. Pemahaman siswa terhadap materi pelajaran, khususnya pelajaran matematika, sangat berkaitan dengan gaya belajarnya (Imamuddin, 2019:15). Saat belajar, sebagian siswa lebih suka melihat diagram, gambar, dan elemen visual lainnya (gaya visual), yang lain belajar paling baik dengan mendengar (gaya auditori), dan ada pula yang belajar efektif dengan bergerak atau mempraktikkannya (Sreenidhi & Tay, 2017: 18).

Menurut Anggraini & Hendroanto (2021: 33), guru perlu menyadari berbagai preferensi belajar siswanya agar dapat menyinkronkan model pembelajaran untuk memastikan kemampuan pemecahan masalah siswa berkembang dengan baik. Meskipun demikian, banyak guru yang mengabaikan berbagai preferensi siswa yang berbeda-beda dalam proses pembelajaran. Hal ini berdasarkan pada cara guru mengajar, di mana cukup banyak guru menggunakan metode ceramah konvensional tanpa mempertimbangkan berbagai preferensi belajar siswanya. Dari hasil observasi dan wawancara dengan salah satu guru matematika diperoleh informasi bahwa pembelajaran yang berpusat pada guru masih umum diterapkan di kelas. Guru tidak berkonsentrasi pada peningkatan kemampuan siswa untuk memecahkan masalah matematis. Guru tidak pernah sebelumnya mengevaluasi keterampilan pemecahan masalah siswa dengan preferensi belajar yang berbeda. Selama proses pembelajaran, guru menggunakan pendekatan yang sama untuk siswa dengan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

preferensi visual, auditori, dan kinestetik.

Selain guru matematika, siswa juga diobservasi melalui angket belajar dan tes awal pemecahan masalah. Temuan awal memperlihatkan bahwa gaya belajar murid memengaruhi kemampuan mereka untuk memecahkan masalah matematis. Menurut penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Umrana (2019: 74), ketiga siswa yang terlibat dalam penelitian menunjukkan kemampuan pemecahan masalah yang berbeda yang sesuai dengan tahapan Polya. Hal tersebut menunjukkan betapa pentingnya bagi para pendidik untuk mampu menerapkan pembelajaran matematika dengan mempertimbangkan berbagai preferensi belajar muridnya. Guru harus menyesuaikan pendekatannya dengan preferensi belajar siswa guna memaksimalkan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah matematika. Model pembelajaran yang selaras dengan tujuan dan kebutuhan siswa adalah salah satu caranya (Hadijah et al., 2016: 288).

Guru sudah semestinya menggunakan model pembelajaran yang memungkinkan siswa memilih gaya belajar mereka sendiri dan dapat memperluas pengetahuannya. Dengan demikian, proses pembelajaran matematika menjadi signifikan dan memiliki potensi untuk membantu siswa lebih mahir dalam memecahkan masalah matematika. Model pembelajaran berdasarkan masalah (PBM) adalah salah satu model yang dapat diterapkan. Model PBM memanfaatkan konteks permasalahan sebagai fondasi pembelajaran guna membantu siswa mengembangkan keterampilan matematika, terutama dalam pemecahan masalah (Litia et al., 2023: 1510). Menurut riset sebelumnya yang dilaksanakan oleh Yanti (2017: 127), proses pembelajaran dengan model PBM membantu siswa memahami masalah sehingga mereka dapat meninjau kembali prosedur pemecahan masalah. Selanjutnya, siswa didorong untuk terlibat aktif dalam proses pemecahan masalah.

Berdasarkan pemaparan tersebut, penelitian ini dilakukan guna mendeskripsikan dan memahami bagaimana kemampuan pemecahan masalah matematis siswa berdasarkan preferensi visual, auditori, dan kinestetik dalam pembelajaran yang menggunakan model PBM. Penelitian ini berjudul "Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Ditinjau dari Gaya Belajar yang Dibelajarkan dengan Model PBM".

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan deskriptif. Teknik pengambilan sampel yang didasarkan pada pertimbangan tertentu (*purposive sampling*) digunakan untuk memilih subjek penelitian. Subjek penelitian adalah sembilan siswa kelas VIII SMP Negeri 1 Lubuk Pakam yang mencakup tiga siswa preferensi belajar visual, tiga sisw a dengan preferensi belajar auditori, dan tiga sisiwa dengan preferensi belajar kinestetik. Dalam riset ini, data dikumpulkan melalui kuesioner, observasi, tes, wawancara, dan jurnal harian dengan menggunakan alat berupa kuesioner gaya belajar, lembar observasi pelaksanaan pembelajaran, pedoman wawancara, dan lembar jurnal harian. Berikut adalah kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi kemampuan siswa dalam memecahkan masalah matematis (Polya: 1973).

Tabel 1. Langkah dan indikator Pemecahan Masalah

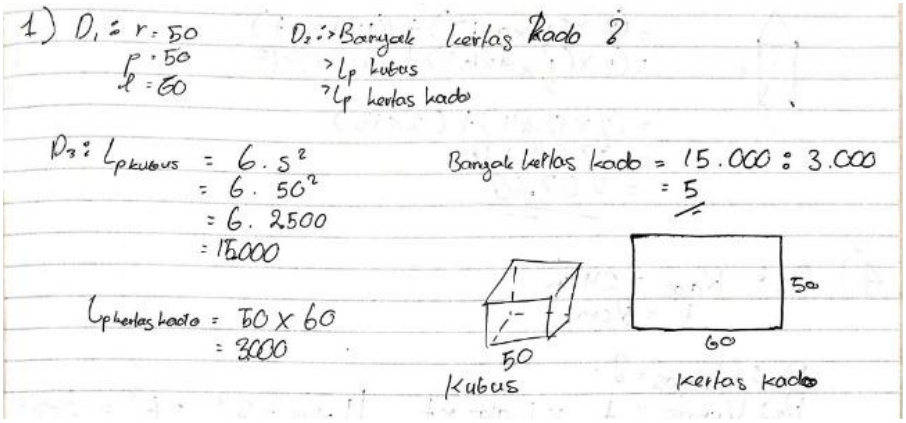
Langkah Pemecahan Masalah	Indikator
Understanding the problem (Memahami masalah)	Menuliskan informasi yang diketahui Menuliskan informasi yang ditanyakan Menghubungkan informasi soal ke masalah yang akan diselesaikan
Devising a plan (Merencanakan pemecahan masalah)	Menentukan prosedur atau operasi matematika yang diperlukan untuk menemukan informasi yang tidak diketahui

Carrying out the plan (Melaksanakan rencana)	Mengimplementasikan rencana pemecahan masalah yang telah dibuat dengan teliti. Menarik kesimpulan dari solusi permasalahan yang telah didapatkan.
Looking back (Memeriksa kembali)	Mengecek atau meninjau kembali prosedur dan solusi penyelesaian masalah. Memberikan argumen atau alasan yang mendukung kebenaran solusi pemecahan masalah.

Penelitian dilaksanakan selama tujuh pertemuan pembelajaran. Pada pertemuan pertama, angket gaya belajar disebarkan kepada siswa untuk menjaring subjek dengan gaya belajar visual, auditori dan kinestetik. Peneliti menggunakan model PBM untuk membelajarkan siswa dan jurnal harian untuk mengetahui informasi tentang kelebihan dan kekurangan narasumber pada pertemuan kedua, ketiga, keempat, dan kelima, sehingga dapat dianalisis secara deskriptif kualitatif kemampuan pemecahan masalah siswa ditinjau dari preferensi belajarnya. Pada pertemuan keenam, pemberian tes kemampuan pemecahan masalah matematis kepada siswa. Pada pertemuan ketujuh, mewawancarai subjek utama penelitian terkait proses pemecahan masalah yang dilakukan. Teknik analisis data kualitatif digunakan untuk memeriksa data yang terkumpul (Miles et al., 2014:10) yang mencakup tahap kondensasi data (*data condensation*), penyajian data (*data display*), dan penarikan kesimpulan (*conclusions drawing/ verification*). Peneliti menjadi instrumen kunci dalam mengumpulkan, menganalisis, dan menginterpretasi data. Untuk memastikan keabsahan data, proses triangulasi data juga dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

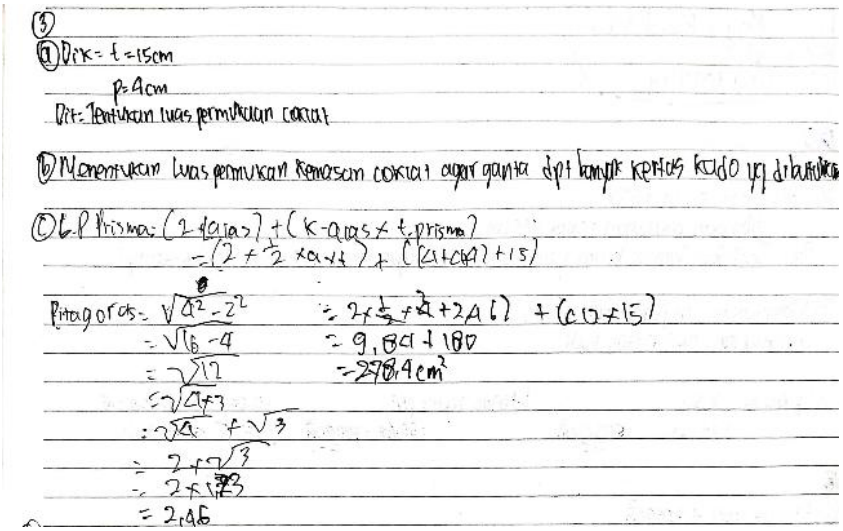
Semua data riset yang diperoleh dari beberapa teknik yang digunakan, selanjutnya dianalisis secara deskriptif kualitatif dan dilakukan triangulasi untuk memastikan keabsahan data. Sebagai hasil dari proses pembelajaran berbasis masalah, tes yang dikerjakan, dan wawancara dengan subjek penelitian, berikut adalah analisis kemampuan siswa dalam memecahkan masalah matematis dengan gaya belajar visual, auditori, dan kinestetik.



Gambar 1. Jawaban Siswa dengan Gaya Belajar Visual

Tampak dari gambar 1 jawaban yang mewakili subjek penelitian dengan gaya belajar visual di atas, dengan menuliskan informasi yang diketahui dan ditanya dalam soal, subjek penelitian dapat memahami masalah. Selain itu, siswa mengidentifikasi prosedur dan operasi matematika yang diperlukan untuk memecahkan masalah. Meskipun, beberapa jawabannya tidak begitu akurat, siswa mampu melaksanakan rencana pemecahan masalah. Saat menyelesaikan pemecahan masalah, siswa cenderung membuat gambar atau membayangkan masalah yang harus dipecahkan. Namun, ketiga siswa dengan preferensu belajar visual belum mampu memastikan argumen untuk memastikan bahwa hasil yang mereka peroleh telah benar pada langkah meninjau kembali. Siswa hanya memeriksa secara manual dengan mengecek operasi matematika yang mereka gunakan.

Berdasarkan hasil observasi selama pembelajaran di kelas, siswa dengan preferensi belajar visual terbantu memahami materi dan memecahkan masalah dengan adanya media visual yang mendukung materi pembelajaran, seperti saat menemukan rumus luas permukaan bangun ruang sisi datar, siswa terbantu dengan adanya alat peraga berupa kotak kemasan berbentuk kubus dan balok, serta gambar jaring-jaring prisma dan limas yang diberikan oleh guru untuk setiap kelompok. Sejalan dengan pendapat Soebagyo et al. (2022:71) yang menyatakan bahwa siswa dengan gaya belajar visual mempunyai ciri-ciri rapi, teratur, teliti, detail, dan mengutamakan visual. Siswa cenderung lebih efektif dalam memecahkan masalah dengan adanya gambar atau ilustrasi yang membantunya untuk memvisualisasikan langkah-langkah penyelesaian masalah.

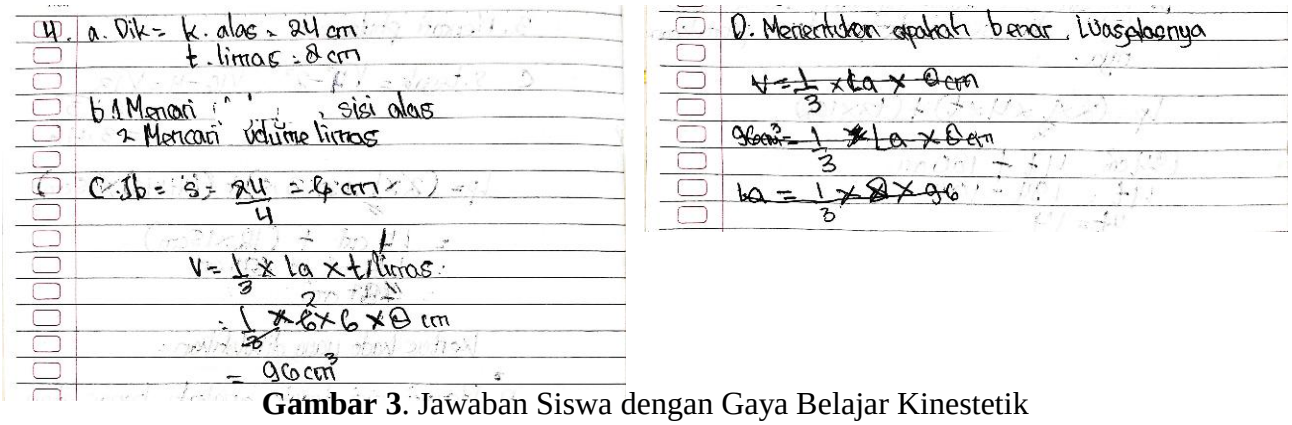


Gambar 2. Jawaban Siswa dengan Gaya Belajar Auditori

Dengan menuliskan informasi dari soal dengan tepat, siswa dengan gaya belajar auditori juga dapat memahami masalah. Selama tahap perencanaan, ketiga siswa mampu mengidentifikasi prosedur dan operasi matematika yang diperlukan untuk memecahkan masalah. Dalam hal pemecahan masalah, ketiga murid memiliki kecenderungan yang sama, yaitu mendengarkan instruksi guru ataupun teman. Pada tahap peninjauan kembali, siswa tidak dapat memberikan argumen untuk memastikan bahwa pemecahan masalah yang mereka buat telah benar.Salah satu kekuatan dari strategi siswa dengan gaya belajar auditori ialah kemampuan mereka untuk mendengar. Pengamatan selama pembelajaran di kelas menunjukkan bahwa siswa dengan gaya belajar auditori dapat memahami masalah yang berkaitan dengan bangun ruang sisi datar dengan mendengarkan penjelasan guru. Hal tersebut terlihat ketika siswa kurang memahami masalahnya, siswa akan bertanya kepada guru. Saat guru memberikan sedikit petunjuk terkait masalah yang akan dipecahkan, siswa mendengarkan dan dapat segera memahaminya. Selain itu, siswa berpartisipasi aktif dalam diskusi kelompok.

Menurut Firmansyah & Syarifah (2023: 58), siswa dengan gaya belajar auditori mampu memahami masalah, mengembangkan rencana, dan melaksanakannya dengan benar. Namun, mereka tidak memeriksa ulang hasil temuan mereka. Akan tetapi, ketika diberi kesempatan untuk berbicara secara langsung, siswa dengan gaya belajar auditori dapat memberikan deskripsi cukup menyeluruh tentang bagaimana mereka memecahkan masalah. Meskipun siswa cukup kesulitan dalam menulis, mereka baik dalam berbicara. Mereka menyukai berbicara, berdiskusi, dan memberikan penjelasan yang mendalam tentang apa yang mereka pelajari.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan



Gambar 3. Jawaban Siswa dengan Gaya Belajar Kinestetik

Dengan menuliskan informasi yang diketahui dan ditanyakan dalam soal, siswa dengan gaya belajar kinestetik mampu untuk memahami masalah. Siswa mampu membuat strategi bagaimana memecahkan masalah, mengidentifikasi tahapan dan prosedur matematika yang digunakan. Meskipun ada beberapa jawaban yang tidak tepat, siswa menunjukkan kemampuan pemecahan masalah yang baik. Dalam melaksanakan pemecahan masalah, ketiga siswa cenderung lebih aktif di bangkunya dengan bergerak, seperti menggoyangkan bangku atau pulpen sambil berpikir sejenak mengingat materi. Pada tahap pemeriksaan kembali, siswa cukup mampu memberikan argumen untuk memastikan bahwa seluruh pemecahan masalah yang dilakukannya telah benar.

Hasil pengamatan selama pembelajaran di kelas menunjukkan bahwa siswa dengan gaya belajar kinestetik sering berpartisipasi dalam proses pembelajaran, yang memfasilitasi pemahaman mereka terhadap materi pelajaran. Hal tersebut terlihat saat kerja kelompok, di mana setiap kelompok diberikan lembar kerja dan alat peraga berupa kotak kemasan berbentuk bangun ruang sisi datar, siswa dengan gaya belajar kinestetik mengambil bagian untuk menggunting rusuk alas dan tutup, serta rusuk tegaknya sesuai petunjuk dalam lembar kerja. Dengan mengambil tindakan tersebut, siswa dapat memecahkan masalah dan memahami gagasan dari konten yang diajarkan.Pada gaya belajar kinestetik, siswa cenderung lebih memahami informasi dengan terlibat langsung dalam prosesnya daripada hanya mendengarkan ceramah atau melihat demonstrasi. Hal tersebut sejalan dengan pendapat Piaget (dalam Amir & Risnawati, 2015: 65) yang menyatakan bahwa pengalaman langsung dapat menguatkan pemahaman konseptual siswa, yang mendukung temuan dalam penelitian ini bahwa siswa kinestetik lebih efektif saat mereka dapat “melakukan” sesuatu secara langsung terkait masalah yang akan dipecahkan.

Berdasarkan temuan penelitian ini, dapat diketahui bahwa guru perlu mempertimbangkan gaya belajar siswa sebagai salah satu aspek penting dalam proses pembelajaran. Ada siswa yang lebih cenderung memahami pelajaran dengan adanya bantuan gambar, ada siswa yang lebih cenderung memahami pelajaran dengan mendengarkan penjelasan guru secara saksama, dan ada pula yang lebih mudah memahami materi melalui aktivitas fisik seperti terlibat langsung untuk mempraktikkannya atau bergerak di bangku untuk membantunya berpikir memahami materi.

Adanya strategi yang mendukung siswa untuk memahami masalah sesuai dengan gaya belajarnya, dapat membantu siswa lebih optimal untuk melaksanakan pemecahan masalah. Sejalan dengan pendapat Siagian & Tanjung (dalam Nurmayani et al., 2016: 15) yang menyatakan bahwa baik guru maupun siswa perlu memahami gaya belajar siswa. Guru perlu memfasilitasi pembelajaran di kelas sesuai gaya belajar siswa, sehingga siswa juga dapat memahami kekuatan dan kelemahannya dalam belajar, mengingat, dan memecahkan masalah, serta dapat memotivasinya dan meningkatkan kepercayaan diri siswa.

Proses belajar matematika yang efektif meemperhatikan keberagaman karakteristik dan potensi masing-masing siswa. Salah satunya ialah aspek gaya belajar siswa (*learning styles*). Guru perlu mengimplementasikan strategi pembelajaran yang mendorong siswa belajar secara aktif sekaligus mengasah keterampilan pemecahan masalahnya. Salah satu caranya ialah dengan menerapkan model pembelajaran berbasis masalah (PBM).

Siswa menjadi fokus utama dalam model pembelajaran berdasarkan masalah. Model PBM membantu siswa belajar dengan cara yang menyenangkan, membuat pelajaran lebih mudah diterima, dan meningkatkan kemampuan pemecahan masalah mereka. Hal ini terbukti saat pembelajaran berlangsung, siswa bekerja sama dalam kelompok dengan aktif untuk memecahkan masalah. Saat dilakukannya refleksi sebelum menutup pertemuan, siswa menyatakan pembelajaran yang telah berlangsung menyenangkan dan membantu mereka memahami materi dengan lebih baik.

Model pembelajaran berdasarkan masalah (PBM) efektif memberikan kesempatan bagi siswa, baik secara keseluruhan maupun berdasarkan gaya belajar siswa, untuk terlibat aktif dalam proses pembelajaran dan pemecahan masalah. Hal ini karena dalam model PBM, siswa difasilitasi untuk berdiskusi, bekerja sama memecahkan masalah dalam kelompok, dan mempresentasikan solusi yang ditemukan, sehingga siswa dapat lebih aktif dalam pembelajaran. Sukoco et al. (2023) juga berpendapat bahwa penggunaan model pembelajaran berdasarkan masalah dapat membangun kemampuan pemecahan masalah matematis siswa. Selain itu, model PBM dapat diterapkan untuk meningkatkan antusiasme siswa dalam belajar yang pada akhirnya akan meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data riset, dapat ditarik kesimpulan bahwa: 1) siswa dengan gaya belajar visual memiliki kemampuan untuk memahami masalah, merencanakan strategi, dan melaksanakannya. Siswa biasanya menggunakan gambar untuk memecahkan masalah, tetapi mereka tidak begitu teliti dalam memeriksa kembali hasilnya. 2) Siswa dengan gaya belajar auditori mampu memahami dan merencanakan penyelesaian masalah secara efektif, tetapi masih membuat kesalahan saat melakukannya. Pada tahap pemeriksaan kembali, siswa belum mampu memverifikasi jawaban terhadap informasi soal. 3) Siswa dengan gaya belajar kinestetik mampu memahami masalah, merumuskan rencana, dan melaksanakannya. Siswa juga memiliki kemampuan yang cukup untuk memeriksa hasil pemecahan masalahnya.Kemampuan siswa dalam memecahkan berbagai permasalahan matematika sesuai dengan gaya belajarnya menunjukkan bahwa hal ini perlu diperhatikan oleh guru guna membantu siswa belajar secara aktif dan meningkatkan kemampuan matematisnya.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, M., Rohani, Siregar, A.U., & Sabri. (2022). *Pendidikan Matematika Realistik untuk Membelajarkan Kreativitas dan Komunikasi Matematika*. Pekalongan: PT. Nasya Expanding Management.

Anggraini, R.R.D., & Hendroanto, A. (2021). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika Siswa Kelas VIII Ditinjau dari Gaya Belajar. *AKSIOMA: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 12(1): 31-41.

Asmal, M. (2020). Pengaruh Kecerdasan Logis Matematis terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa Kelas VII SMPN 30 Makassar. *ELIPS: Jurnal Pendidikan Matematika*, 1(1):

30-36.

Gunawan, A.W. (2003). *Born to Be a Genius*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Hadijah, S., Hasratuddin, & Napitupulu, E. (2016). Pengaruh Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw terhadap Kemampuan Pemahaman Konsep dan Komunikasi Matematik Siswa SMP Negeri 4 Percut Sei Tuan. *Tabularasa PPS UNIMED*, 13(3): 285-298.

Imamuddin, M., Rusdi, Isnaniah, & Audina, M., (2019). Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika Siswa Berdasarkan Gaya Belajar. *Al Khawarizmi: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Matematika*, 3(1): 11-20.

Litia, N., Sinaga, B., & Mulyono. (2023). Profil Berpikir Komputasi Siswa dengan Menggunakan Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Ditinjau dari Gaya Belajar di SMA N 1 Langsa. *Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(2): 1508-1518.

Miles, M.B., Huberman, A.M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook* (3rd ed.). USA: SAGE Publications, Inc.

NCTM. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston: The National Council of Teachers of Mathematics, Inc.

Polya, G. (1973). *How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method*. Princeton: Princeton University Press.

Sitorus, S.D.Y., & Sirait, K.A.H. (2020). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning. (PBL) untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematika di SMP Negeri 3 Medan. *Paradikma: Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(2): 47-54.

Soebagyo, J., Umam, K., Istikharoh, & Suhendri H. (2022). An Analysis of Students' Mathematical Problem-Solving Ability at Class VII Social Arithmetic Materials Based on Learning Styles. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, 12(1), 63-74.

S K, Sreenidhi., & Tay, C.H. (2017). Style of Learning Based on the Research of Fernald, Keller, Orton, Gillingham, Stillman, Montessori and Neil D Fleming. *International Journal for Innovative Research in Multidisciplinary Field*, 3(4): 17-25.

Umrana, Cahyono, E., & Sudia, M. (2019). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Ditinjau dari Gaya Belajar Siswa. *Pembelajaran Berpikir Matematika*, 4(1): 67-76.

Utami, R.W., Endaryono, B.T., & Djuhartono, T. (2018). Kemampuan Peserta Didik dalam Menyelesaikan Soal Cerita Matematika. *Faktor Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 5(3): 187–192.

Yanti, A.H. (2017). Penerapan Model Problem Based Learning (PBL) terhadap Kemampuan Komunikasi dan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika Siswa Sekolah Menengah Pertama Lubuklinggau. *Pendidikan Matematika Raflesia*, 2(2): 118-129.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pemetaan Tenaga Kesehatan di Provinsi Sumatera Utara Menggunakan Metode Multidimesional Scaling

Angelina Silaban[1*] & Susiana[2]
[1,2]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:angelinasilaban422001@gmail.com*

Abstrak, tenaga Kesehatan adalah orang yang memiliki pengetahuan dan kewenangan untuk melindungi dan meningkatkan pelayanan Kesehatan. Pelayanan Kesehatan yang berkualitas didukung oleh sumber daya manusia (SDM) yang memiliki kualitas baik, sehingga perlu diperhatikan aspek penting dalam pengadaan SDM Kesehatan. Penelitian ini akan mengulas pemetaan tenaga Kesehatan di Provinsi Sumatera Utara menggunakan metode multidimensional scaling. Data yang digunakan merupakan data tenaga Kesehatan di Provinsi Sumatera Utara pada tahun 2023 yang terdiri dari 33 kabupaten/kota dan 11 variabel. Hasil pemetaan yang dilakukan menghasilkan 6 kelompok kabupaten/kota yang memiliki kemiripan antar objek dalam hal karakteristik jumlah tenaga kesehatan. Kelompok 1 memiliki jumlah tenaga kesehatan paling tinggi. Kelompok 2 memiliki jumlah tenaga keperawatan dan keterapian fisik lebih rendah dari kelompok 1. Kelompok 3 memiliki jumlah tenaga dokter dan kefarmasian lebih rendah dari kelompok 2. Kelompok 4 memiliki jumlah tenaga kesehatan paling rendah dari kelompok 3. Kelompok 5 memiliki jumlah tenaga kebidanan lebih rendah dari kelompok 1 dan tenaga keperawatan, kesehatan masyarakat, gizi dan kefarmasian lebih rendah dari kelompok 2. Kelompok 6 memiliki rerata jumlah tenaga kesehatan lebih rendah dari kelompok 1. Dari hasil penelitian diperoleh nilai Stress sebesar 7,5% dan R^2 sebesar 99, 4%, sehingga peta spasial dapat diterima.
Kata kunci: Tenaga Kesehatan; Pemetaan; Multidimensional Scaling

Abstract, *healthcare workers are individuals authorized to protect and enhance healthcare services. Quality healthcare services are supported by human resources (HR) of good quality, making it essential to consider important aspects in the procurement of healthcare HR. This study will review the mapping of healthcare workers in North Sumatra Province using the multidimensional scaling method. The data used consists of data on healthcare workers in North Sumatra Province in 2023, covering 33 regencies/cities and 11 variables. The mapping results produced six groups of regencies/cities that share similarities in terms of the number of healthcare workers. Group 1 has the highest number of healthcare workers. Group 2 has a lower number of nursing and physical therapy staff than Group 1. Group 3 has fewer physicians and pharmaceutical staff than Group 2. Group 4 has the lowest number of healthcare workers compared to Group 3. Group 5 has a lower number of midwives than Group 1 and fewer nursing, public health, nutrition, and pharmaceutical staff than Group 2. Group 6 has an average number of healthcare workers lower than Group 1. The study results showed a Stress value of 7.5% and an R^2 of 99.4%, indicating that the spatial map is acceptable.*
Keywords*: Healthcare workers, Mapping, Multidimensional Scaling*

Citation : Silaban, A. & Susiana. (2024). Pemetaan Tenaga Kesehatan di Provinsi Sumatera Utara Menggunakan Metode Multidimesional Scaling. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 687 – 696

PENDAHULUAN

Statistik multivariat adalah metode statistik yang mampu menganalisis berbagai komponen secara bersamaan guna memahami hubungan dalam fenomena sosial maupun alam yang kompleks. Kata "multi" mencerminkan kemampuan metode ini dalam mengolah beberapa variabel sekaligus untuk menyelesaikan permasalahan statistik tertentu. Sebagai ilustrasi, dalam bidang kesehatan, terdapat berbagai faktor yang secara simultan mempengaruhi kondisi tubuh manusia, seperti asupan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

lemak, karbohidrat, tingkat stres, dan faktor lainnya (Santoso, 2017). Metode multivariat mencakup teknik statistik yang memungkinkan untuk menganalisis dua variabel atau lebih secara bersamaan untuk setiap objek. Ada dua ciri utama dalam menentukan hubungan antar variabel: saling ketergantungan (interdependensi) dan ketergantungan (depedensi). Jika data interdependensi, teknik yang digunakan meliputi analisis faktor, analisis cluster, MDS (multidimensional scaling), dan CA (analisis kategoris). Sebaliknya untuk data dependensi, teknik yang umum digunakan antara lain regresi berganda, regresi logistik, analisis diskriminan, SEM, dan MANOVA (Santoso, 2017).

Multidimensional scaling (MDS) adalah metode statistik multivariat, untuk memetakan posisi suatu objek relatif terhadap objek lainnya berdasarkan tingkat kemiripan di antara mereka. Jarak antara dua objek dapat mencerminkan tingkat kesamaan atau perbedaan, serta menunjukkan jarak sebenarnya (Mattjik & Sumertajaya, 2011). Definisi lain menyebutkan bahwa MDS, juga dikenal sebagai perceptual mapping, merupakan teknik statistik yang mengukur objek dalam ruang multidimensi berdasarkan tingkat kemiripannya. Perbedaan persepsi antar objek direpresentasikan melalui jarak relatif dalam ruang multidimensi. Selain itu, MDS dapat diterapkan pada penilaian subjektif terkait perbedaan (dissimilarity) antar objek atau konsep. Tujuan utama metode ini adalah mengidentifikasi dimensi-dimensi yang mendasari pola kemiripan dan ketidaksamaan yang diamati di antara objek yang diteliti (Sarwono, 2013).

Kesehatan merupakan aspek krusial dalam menciptakan sumber daya manusia (SDM) yang berkualitas. SDM yang unggul dapat tercapai apabila layanan kesehatan mampu meningkatkan kesadaran, keinginan, serta kemampuan masyarakat dalam menjalani pola hidup sehat. Upaya ini tidak hanya berfokus pada kesehatan fisik, tetapi juga mencakup aspek biologis, mental, dan sosial secara menyeluruh, sehingga dapat mencapai tingkat kesehatan masyarakat yang optimal. Kualitas pelayanan kesehatan sangat bergantung pada tenaga kesehatan yang bertanggung jawab dalam penyelenggaraannya (Agustiawan et al., 2022). Multidimensional Scaling (MDS) memanfaatkan dua jenis data, yaitu MDS metrik dan MDS non-metrik. MDS metrik digunakan untuk data dengan skala rasio dan interval, sedangkan MDS non-metrik diterapkan pada data berskala nominal dan ordinal (Nahar, 2017).

Sumber daya manusia (SDM) di sektor kesehatan memiliki peran penting dalam Sistem Kesehatan Nasional, khususnya dalam mendukung pencapaian tujuan pembangunan kesehatan melalui penyelenggaraan layanan kesehatan. Berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 72 Tahun 2012 tentang Sistem Kesehatan Nasional, SDM kesehatan mencakup tenaga kesehatan, termasuk tenaga kesehatan strategis, serta tenaga pendukung yang berperan dalam pelaksanaan dan manajemen layanan kesehatan (Dinas Kesehatan Sumatera Utara, 2020). *World Health Organization* (WHO) menyatakan bahwa tenaga kesehatan adalah orang yang memiliki pengetahuan dan kewenangan untuk melindungi dan meningkatkan pelayanan kesehatan. Tenaga kesehatan terdiri dari tenaga kesehatan klinis dan non-klinis yang melakukan prosedur medis dan kesehatan masyarakat. Tenaga kesehatan merupakan orang-orang yang memberikan pelayanan kesehatan seperti dokter, perawat, apoteker, teknisi laboratorium, staf manajemen dan keuangan, pengemudi, dan lain sebagainya (WHO, 2006).

Tenaga kesehatan merupakan salah satu aspek krusial dalam penyelenggaraan layanan kesehatan. Untuk mewujudkan pelayanan kesehatan yang berkualitas, diperlukan dukungan dari sumber daya manusia yang kompeten. Oleh karena itu, pengelolaan tenaga kesehatan harus mempertimbangkan jumlah, jenis, distribusi, serta rasio tenaga kesehatan terhadap jumlah penduduk. Dengan demikian, pelayanan kesehatan menjadi faktor esensial dalam membangun masyarakat yang

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

berkualitas (Dinas Kesehatan Sumatera Utara, 2020). Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 43 Tahun 2019 menyatakan tentang Pusat Kesehatan Masyarakat, setiap Puskesmas harus memiliki minimal sembilan jenis tenaga kesehatan untuk mendukung pelaksanaan layanan kesehatan masyarakat. Dalam Rencana Strategis (Renstra) Kementerian Kesehatan 2020-2024, salah satu indikator dalam meningkatkan ketersediaan dan kualitas SDM kesehatan sesuai standar pelayanan adalah jumlah Puskesmas yang telah memenuhi persyaratan tersebut.

Jenis tenaga kesehatan yang dimaksud mencakup Dokter, Dokter Gigi, Perawat, Bidan, Tenaga Farmasi, Tenaga Kesehatan Masyarakat, Tenaga Kesehatan Lingkungan, Ahli Gizi, serta Ahli Teknologi Laboratorium Medik (ATLM)/Analis Kesehatan. Pada tahun 2020, sebanyak 168 Puskesmas (27,68%) telah memiliki sembilan jenis tenaga kesehatan, sedangkan 439 Puskesmas (72,32%) masih belum memenuhinya. Data menunjukkan bahwa distribusi tenaga kesehatan di Provinsi Sumatera Utara masih belum merata, sehingga diperlukan kebijakan yang lebih efektif untuk memastikan kecukupan tenaga kesehatan di wilayah tersebut (Dinas Kesehatan Sumatera Utara, 2020). Langkah awal dalam mengatasi ketimpangan distribusi tenaga kesehatan adalah dengan melakukan pemetaan tenaga kesehatan di setiap daerah. Pemetaan ini berfungsi sebagai dasar perencanaan kebutuhan tenaga kesehatan di berbagai wilayah. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk pemetaan ini adalah analisis multivariat, dengan metode Multidimensional Scaling (MDS) sebagai teknik yang diterapkan (Islami & Handayani, 2019).

Penelitian yang dilakukan oleh Islami dan Handayani (2019) merupakan contoh yang baik dari penggunaan metode MDS untuk memetakan kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Tengah berdasarkan indikator tenaga kesehatan. Dalam studi tersebut, pemetaan dilakukan dengan memperhatikan lima variabel kunci, yakni tenaga kebidanan, keperawatan, kesehatan lingkungan, kesehatan masyarakat, dan dokter umum. Hasil analisis menunjukkan terbentuknya empat kelompok kabupaten/kota yang memiliki karakteristik serupa di dalam masing-masing kelompok, namun berbeda dengan kelompok lainnya. Nilai STRESS yang diperoleh sebesar 4,354%, yang tergolong baik, mengindikasikan bahwa metode MDS efektif untuk memetakan indikator tenaga kesehatan di area tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini berencana menerapkan metode yang sama untuk menganalisis dan memetakan posisi kabupaten/kota berdasarkan berbagai jenis tenaga kesehatan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini memanfaatkan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan di Provinsi Sumatera Utara pada tahun 2023. Objek penelitian mencakup seluruh wilayah kabupaten/kota di Sumatera Utara, yang terdiri dari 33 kabupaten/kota. Penelitian ini mengamati 11 variabel terkait jenis tenaga Kesehatan, yaitu dokter (x_1), dokter gigi (x_2), psikologi klinis (x_3), keperawatan (x_4), kebidanan (x_5), kefarmasian (x_6), kesehatan masyarakat (x_7), kesehatan lingkungan (x_8), gizi (x_9), keterapian fisik (x_{10}), dan keteknisian medis (x_{11}). Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode multidimensional scaling metrik. Dengan menggunakan prosedur penelitian (Cox dalam Puthri dan Teti, 2022) analisis data menggunakan metode multidimensional scaling metrik akan dilakukan sebagai berikut:

Pertama, mengumpulkan data penelitian dari Dinkes Provinsi Sumatera Utara pada tahun 2023. Kedua, melakukan deskripsi data pada data penelitian yang meliputi 11 jenis tenaga kesehatan dengan 33 kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara. Selanjutnya dilakukan analisis data untuk melakukan tahapan multidimensional scaling metrik. Langkah ketiga, menentukan jarak antar objek menggunakan rumus jarak *euclidean* (persamaan (1)), diamana d_{rt} = Jarak antar objek ke-r dan ke-t

dari data, k = Variabel (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}), r, t = Kabupaten/ kota, dan n = Jumlah variabel.

$$d_{rt} = \sqrt{\sum_{k=1}^{n} (x_{rk} - x_{tk})} \quad (1)$$

Kemudian langkah keempat adalah menentukan nilai eigen dan vektor eigen menggunakan rumus matriks *product scalar* **B** persamaan (1) diamana A $= -\frac{1}{2}\delta_{rt}^2$, $I =$ matriks identitas ukuran $n \times n$, $J =$ matriks berukuran $n \times n$ dengan semua entri sama dengan 1. Selanjutnya nilai eigen dan vektor eigen dapat dicari dengan persamaan berikut: $det(\boldsymbol{B} - \lambda \boldsymbol{I}) = 0$.

$$\boldsymbol{B} = \left(I - \frac{1}{n} J\right) A \left(I - \frac{1}{n} J\right) \quad (2)$$

Langkah ke-5 menentukkan jumlah dimensi serta posisi titik koordinat. Jumlah dimensi diperoleh dari nilai eigen dan vektor eigen. Sementara itu, koordinat titik dapat dihitung dengan persamaan $x_{rt} = v_{rt}\lambda_t^{\frac{1}{2}}$, dimana $(r = 1, \dots, n; t = 1, \dots, p)$. Untuk menentukkan disparaties matriks $\widehat{D}$ dengan menghitung jarak *euclidean* berdasarkan koordinat yang telah diperoleh persamaan 3.

$$\widehat{D} = \widehat{d_{rt}} = \sqrt{\sum_{k=1}^{n} (x_{rk} - x_{tk})} \quad (3)$$

Setelahnya akan melakukan konfigurasi subjek dan konfigurasi objek untuk membentuk peta persepsi *(perceptual map)* dan menguji validitas dengan menggunakan nilai Stress dan R^2. Dengan demikian stress adalah ukuran ketidakcocokan *(a lack of fit measure)*, semakin tinggi nilai Stress, semakin tidak cocok model tersebut. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa data tidak sesuai untuk analisis multidimensional scaling. Untuk mengetahui tingkat ketidakcocokan perlu dihitung dengan persamaan (4).

$$\text{Stress} = \sqrt{\frac{\sum_{r,t}\left(d_{rt} - \hat{d}_{rt}\right)^2}{\sum_{r,t}(d_{rt} - \bar{d})^2}} \quad (4)$$

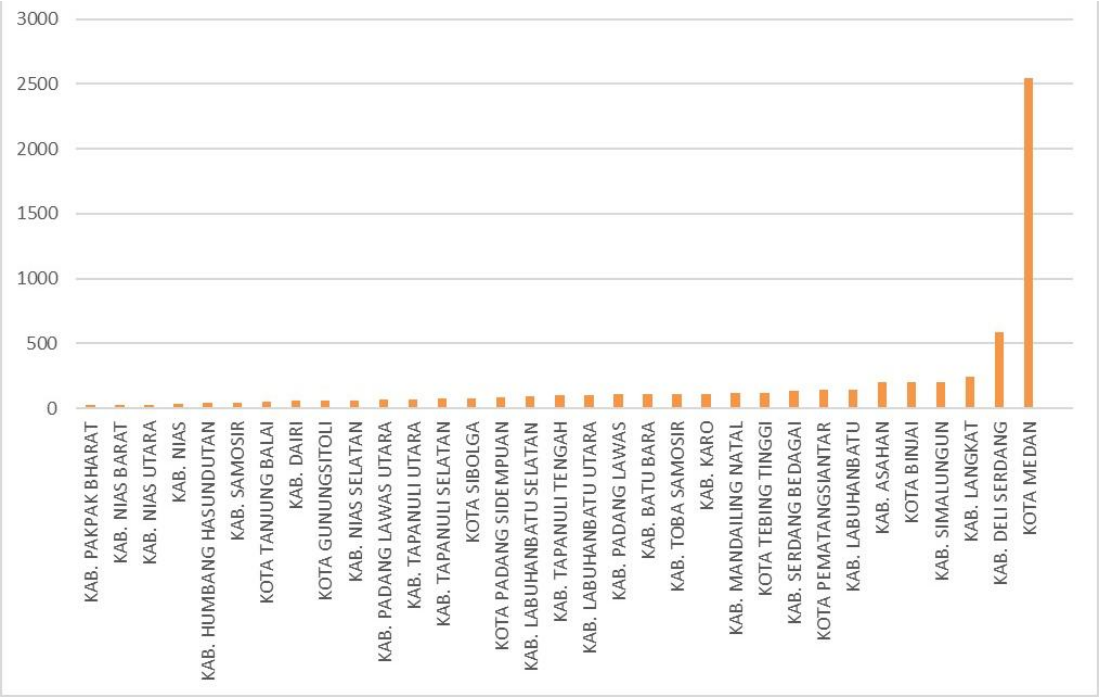
Terdapat pedoman Kruskal stress formula untuk mengidentifikasi model yang baik, kriteria nilai stres menurut Panca dan Sutanto (2013): ≥20% (Buruk), 10-20% (Cukup), 5-10% (Baik), 2.5-5% (Sangat Baik), <2.5% (Sempurna). Indeks ketepatan/kecocokan (*goodness of fit measure*), yaitu R^2 (R *square*) merupakan kebalikan dari nilai Stress. Nilai R^2 yang tinggi menunjukkan bahwa model mewakili data dengan sempurna (jika $R^2 = 1$ atau 100%), tetapi jika $R^2 \geq 0{,}60$ (60% atau lebih) dianggap cukup, yang menunjukkan bahwa data input diterima dengan baik, sehingga dapat dipetakan (Supranto, J, 2010). Langkah terkhir dari prosedur penelitian adalah melakukan interpretasi dan kesimpulan.

$$R^2 = 1 - \sqrt{\frac{\sum_{r,t}(d_{rt} - \hat{d}_{rt})^2}{\sum_{r,t}(d_{rt} - \bar{d})^2}} \quad (5)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setiap tahun, Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara mengumpulkan data sumber daya manusia (SDM) di bidang kesehatan sesuai dengan tugas dan fungsinya. Total SDM kesehatan di Provinsi Sumatera Utara pada tahun 2023 berdasarkan data jumlah tenaga kesehatan yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Sumatera Utara terdapat 71.009 orang tenaga kesehatan. Secara terperinci 33 kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara akan dideskripsikan menurut jumlah dari jenis-jenis tenaga kesehatan pada tahun 2023 dengan menggunakan diagram batang. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pendistribusian tenaga Kesehatan pada tiap kabupaten/kota di Sumatera Utara. Berikut distribusi tenaga dokter (x_1) pada tiap Kabupaten/Kota di Sumatera Utara Tahun 2023, disajikan dalam bentuk diagram batang (gambar 1).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan



Gambar 1 Diagram Jumlah Tenaga Dokter Sumatera Utara Tahun 2023

Dari Gambar 1 dapat diketahui jumlah tenaga dokter pada tahun 2023 tertinggi berada di Kota Medan, kemudian diikutin oleh Kabupaten Deli Serdang dan Kabupaten Langkat yang memiliki jumlah tenaga dokter tertinggi setelah Kota Medan. Sedangkan jumlah tenaga dokter terendah berada di Kabupaten Pakpak Bharat dan diikutin oleh Kabupaten Nias Barat dan Nias Utara. Deskripsi data dengan menggunakan diagram batang untuk jenis tenaga kesehatan lainnya dapat dilakukan dengan cara yang sama, sehingga mengetahui pendistribusian jumlah tenaga kesehatan pada tiap kabupaten/kota di Sumatera Utara pada tahun 2023.

Analisis data menggunakan metode multidimensional scaling metrik dalam penelitian diawali dengan Matriks D adalah matriks yang nilai-nilainya dapat dijadikan sebagai panduan untuk menentukan nilai kemiripan antar objek. Rumus jarak euclidean, yang tersedia pada persamaan (1), digunakan untuk menentukan elemen matriks D dan diperoleh d_{12} = 146,65. Selanjutnya data jarak euclidean antar kabupaten/kota diubah ke dalam bentuk matriks D berukuran $33x33$ sebagai berikut:

$$D = \begin{bmatrix} 0 & 146{,}6458 & 303{,}0149 & 419{,}55214 & \cdots & 385{,}4167 \\ 146{,}6458 & 0 & 324{,}3717 & 555{,}94334 & \cdots & 511{,}5750 \\ 303{,}0149 & 324{,}3717 & 0 & 497.64646 & \cdots & 586{,}0017 \\ 419{,}5521 & 555{,}9433 & 497{,}6465 & 0 & \cdots & 310{,}8408 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 385{,}4167 & 478.5583 & 457{,}0536 & 310{,}84080 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$B_{33x33} = \begin{bmatrix} 0 & -9{,}873737 & -42{,}157025 & -80{,}819100 & \cdots & -126{,}010560 \\ -9{,}873737 & 0 & -48{,}308999 & -141{,}906795 & \cdots & -193{,}057851 \\ -42{,}157025 & -48{,}308999 & 0 & -113{,}706152 & \cdots & -107{,}133609 \\ -80{,}819100 & -141{,}906795 & -113{,}706152 & 0 & \cdots & -22{,}380624 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -68{,}202938 & -120{,}160239 & -157{,}666667 & -44{,}362718 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Matriks product scalar **B** (Persamaan 6) memerlukan nilai eigen dan vektor eigen. Matriks **B** dihitung dengan mendekomposisikan matriks D melalui proses double centering. Dengan menggunakan persamaan (2), maka matrik akan berubah menjadi persamaan 7. Kemudian Dengan menggunakan rumus persamaan (3) matriks B dapat ditentukan. Maka diperoleh nilai *Eigen* untuk

$\lambda_1 = 1{,}500546\text{e}+05\,, \lambda_2 = 5{,}977964\text{e}+03, \lambda_3 = 9{,}563166\text{e}+02, \lambda_4 = 7{,}908860\text{e}+01,$ dan seterusnya. Sedangkan Vektor *Eigen* diperoleh seperti pada persamaan 8.

$$V_{33x33} = \begin{bmatrix} -0{,}12363318 & 0{,}0756580793 & -0{,}046577540 & \cdots & -0{,}1218312 \\ -0{,}12172309 & 0{,}1213783763 & -0{,}116550087 & \cdots & -0{,}1217440 \\ -0{,}13136444 & 0{,}0341300934 & -0{,}296981733 & \cdots & -0{,}1308568 \\ -0{,}12986001 & -0{,}0797333808 & 0{,}082013164 & \cdots & -0{,}1280678 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -0{,}12986001 & -0{,}0797333808 & 0{,}082013164 & \cdots & -0{,}1188394 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Setelah diketahui nilai eigen dan vektor eigen dapat ditentukan jumlah dimensi dengan memilih nilai eigen positif terbesar secara berurutan pada umumnya jumlah dimensi yang digunakan untuk menginterpretasi hasil dalam multidimensional scaling metrik ialah dua dimensi. Maka, nilai *eigen* positif yang pertama dari matriks **B** yaitu $\lambda_1 = 1{,}500546\text{e}+05$ dan $\lambda_2 = 5{,}977964\text{e}+03$. Dengan menggunakan vektor eigen yang berkorespondensi dengan dua nilai eigen yang dipilih, dapat ditentukan titik koordinat dari 33 kabupaten dan kota dalam persamaan (4) yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Titik-Titik Koordinat MDS Kabupaten/Kota Sumatera Utara

Kabupaten/Kota	Dimensi	
	1	2
Tapanuli Tengah	-190.137843	-158.3209808
Tapanuli Utara	-149.229321	-293.9393536
Tapanuli Selatan	-434.914577	-272.3672028
Nias	-393.931560	204.4946879
Langkat	558.812744	-835.5008190
Karo	-278.708301	0.2757867
Deli Serdang	1380.880959	-709.7569530
Simalungun	195.306073	-575.8832346
Asahan	6.493191	-204.1366674
Labuhan Batu	22.650929	-225.2544523
Dairi	-456.250544	126.2711334
Toba Samosir	-413.986839	147.1410981
Mandailing Natal	-17.180028	-535.6088448
Nias Selatan	193.689028	-265.0352675
Pakpak Bharat	-732.213233	475.0872553
Humbang Hasundutan	-588.983117	285.0363277
Samosir	-645.978189	287.7766717
Serdang Bedagai	-402.193314	55.7697217
Batu Bara	-447.145927	36.5119588
Padang Lawas Utara	-448.639900	-150.4799696
Padang Lawas	-354.092614	-247.8348995
Labuhanbatu Selatan	-456.707963	86.4521362
Labuhanbatu Utara	-110.979580	-136.2474468
Nias Utara	-476.489207	222.4930324
Nias Barat	-576.815107	318.3541756
Medan	7402.163828	411.2345930
Pematang Siantar	276.089667	415.0013725
Sibolga	-511.870445	394.0620126
Tanjung Balai	-452.051830	346.4793761
Binjai	-97.276754	203.8148892
Tebing Tinggi	-382.135774	342.0535452
Padang Sidempuan	-427.273294	80.0611362
Gunung Sitoli	-590.901160	171.9951815

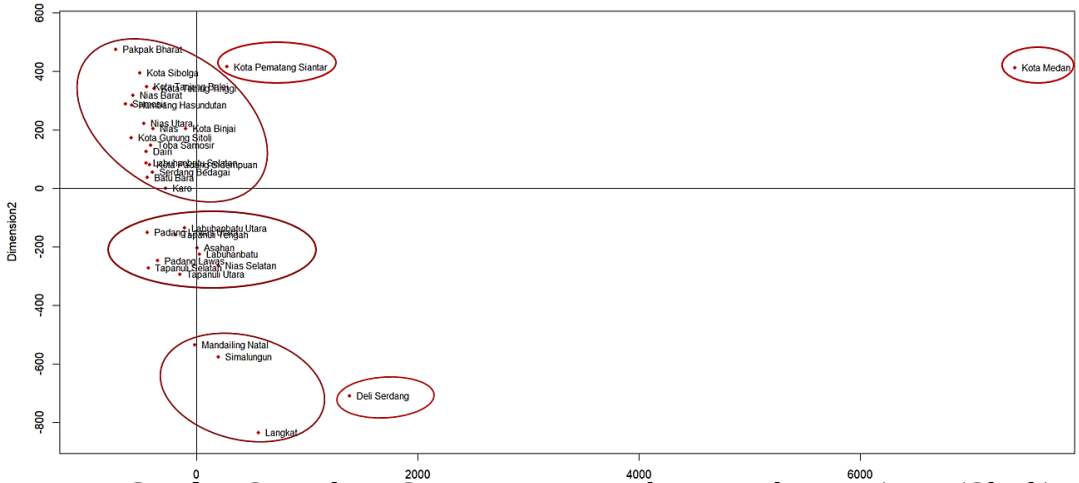
Stimulus (objek) dalam ruang dimensi dihitung dengan titik koordinat yang dibuat. Untuk menghitung setiap jarak dari koordinat yang terbentuk di gunakan rumus jarak *euclidean*. Nilai dari jarak koordinat yang terbentuk tersebut akan menjadi elemen-elemen dari disparaties matriks $\widehat{D}$**.**

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Dengan menggunakan bantuan software RStudio diperoleh elemen-elemen nilai disparaties matriks $\hat{D}$ sebagai berikut.

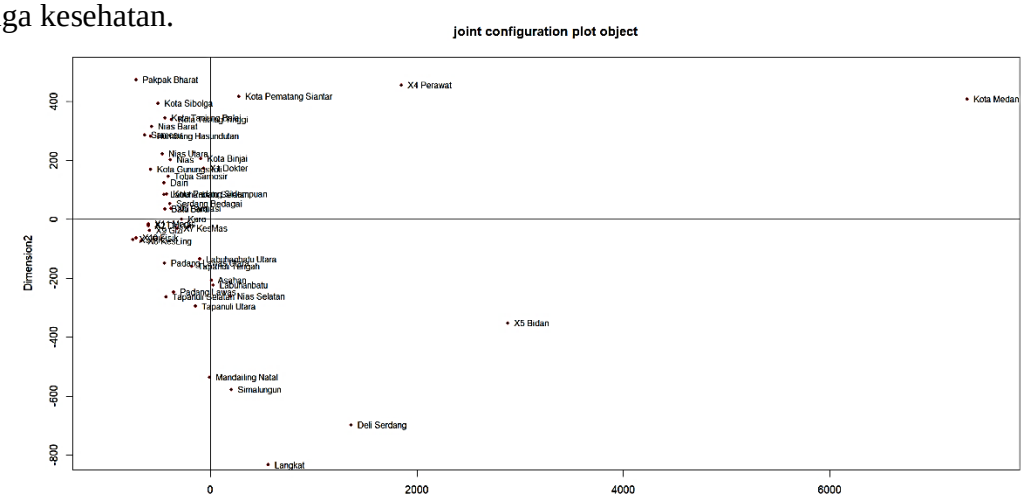
$$\hat{D} = \begin{bmatrix} 0 & 141{,}6539 & 270{,}0410 & 416{,}1335 & \cdots & 512{,}1445 \\ 141{,}6539 & 0 & 286{,}4985 & 555{,}2618 & \cdots & 650{,}8958 \\ 270{,}0410 & 286{,}4985 & 0 & 478{,}6179 & \cdots & 7533{,}0644 \\ 416{,}1335 & 555{,}2618 & 478{,}6179 & 0 & \cdots & 673{,}5709 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 336{,}2428 & 466{,}0309 & 352{,}5111 & 128{,}8230 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Melalui titik-titik koordinat yang diperoleh dengan menggunakan bantuan software RStudio terbentuklah peta persepsi seperti pada gambar 2. Pada Gambar 2 memperlihatkan kemiripan (*similarity)* dan ketidakmiripan *(dissimilarity)* antara kabupaten/kota dengan kabupaten/kota yang lainnya. Terlihat bahwa jarak Kota Medan dengan Kota Pematang Siantar yang berada pada kuadran I memiliki jarak yang sangat jauh. Hal ini merupakan adanya ketidakmiripan yang sangat berbeda dalam karakteristik tenaga kesehatan.



Gambar 2 Hasil MDS 2 Dimensi 1 untuk Tiap Kabupaten/Kota (Objek)

Selanjutnya akan digabungkan konfigurasi subjek yaitu jenis-jenis tenaga kesehatan sebagai variabel penelitian dengan konfigurasi kabupaten/kota (objek) pada peta persepsi. Berikut peta persepsi yang dihasilkan setelah menggabungkan objek yaitu Kabupaten/Kota dengan variabel jenis-jenis tenaga kesehatan.



Gambar 3. Hasil MDS 2 Dimensi 1 setiap Kab/Kota (objek) dan Jenis tenaga kesehatan (variabel)

Langkah terakhir pada metode multidimensional scaling adalah menguji validitas dengan menggunakan Stress dan R^2. Dengan menggunakan persamaan (6) dan (7) diperoleh nilai Stress

sebesar sebesar 0,07500 atau $7,5\%$ yang masuk ke dalam kriteria baik. Nilai R^2 yang diperoleh sebesar 0,9943 atau 99%, dimana $R^2 \geq 60\%$.

Melalui tahapan analisis multidimensional scaling diatas, terbentuk peta spasial yang memiliki dimensi optimal untuk diinterpretasikan. Nilai stress dan R^2 yang diperoleh menunjukkan model peta spasial yang dihasilkan baik. Nilai stress yang diperoleh adalah 0,075 atau 7%, yang merupakan kriteria baik; sementara itu, nilai R^2 yang diperoleh adalah 0,994 atau 99%, di mana R^2 lebih dari 60%, yang menunjukkan bahwa peta spasial ini dapat diterima. Pada Gambar 2 terdapat peta persepsi yang memperlihatkan posisi semua titik kabupaten/kota yang telah dikelompokkan berdasarkan kemiripan jarak antar objek. Kabupaten/kota yang memiliki karakteristik sama akan digambarkan dengan titik yang berdekatan, semakin dekat posisi titik, maka akan semakin mirip karakteristik yang dimiliki. Namun apabila posisi titik semakin jauh, maka akan semakin berbeda karakteristik yang dimiliki antar kabupaten/kota.

Hasil MDS 2 dimensi yang disajikan dalam Gambar 3 menampilkan gambar peta persepsi yang terdapat posisi titik setiap kabupaten/kota dan jenis-jenis tenaga kesehatan di Provinsi Sumatera Utara dalam empat kuadran. Keempat kuadran dalam peta spasial tersebut memiliki kepentingan masing-masing. Kuadran I terletak pada dimensi 1 positif dan dimensi 2 positif, yang menunjukkan bahwa variabel dalam kuadran ini berada dalam kondisi yang baik. Kuadran II, yang berada pada dimensi 1 negatif dan dimensi 2 positif, mengindikasikan bahwa variabel dalam kuadran ini cukup baik. Kuadran III, yang terletak pada dimensi 1 negatif dan dimensi 2 negatif, menandakan bahwa variabel dalam kuadran ini kurang baik dan masih memerlukan perbaikan. Sementara itu, Kuadran IV berada pada dimensi 1 positif dan dimensi 2 negatif, yang berarti variabel dalam kuadran ini tergolong cukup baik (Nurmayanti dkk., 2023). Dengan demikian, kondisi dari keempat kuadran tersebut dapat diimplementasikan, pada kuadran I yaitu Kota Medan dan Kota Pematang Siantar, memiliki jumlah tenaga keperawatan (x_4) yang sangat baik. Kemudian pada kuadran II yaitu Kabupaten Pakpak Bharat, Kabupaten Nias Barat, Kabupaten Samosir, Kabupaten Humbang Hasundutan, Kota Gunungsitoli, Kota Sibolga, Kota Tanjung Balai, dan Kota Tebing Tinggi, Kabupaten Nias Utara, Kabupaten Nias, Kabupaten Toba Samosir, Kabupaten Dairi, Kabupaten Labuhanbatu Selatan, Kota Padang Sidempuan, Kabupaten Serdang Bedagai, Kabupaten Batu Bara, Kota Binjai dan Kabupaten Karo, memiliki jumlah tenaga dokter (x_1) dan kefarmasian (x_6) yang cukup baik.

Sedangkan pada kuadran III yaitu Kabupaten Padang Lawas Utara, Kabupaten Padang Lawas, Kabupaten Tapanuli Selatan, Kabupaten Labuhanbatu Utara, Kabupaten Tapanuli Tengah, Kabupaten Mandailing Natal, dan Kabupaten Tapanuli Utara memiliki jumlah tenaga dokter gigi (x_2), psikologi klinis (x_3), kesehatan masyarakat (x_7), kesehatan lingkungan (x_8), gizi (x_9), keterapian fisik (x_{10}), dan keteknisian medis (x_{11}) yang kurang baik, dengan demikian 7 kabupaten/kota tersebut perlu diperhatikan lagi dari jumlah 7 jenis tenaga kesehatan di atas. Pada kuadran IV yaitu Kabupaten Asahan, Kabupaten Labuhanbatu, Kabupaten Nias Selatan, Kabupaten Simalungun, Kabupaten Langkat, dan Kabupaten Deli Serdang memiliki jumlah tenaga kebidanan (x_5) yang sudah cukup baik.

Karakteristik setiap kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara dapat ditentukan berdasarkan klasifikasi yang ditunjukkan pada Gambar 2. Kelompok 1 terdiri dari Kota Medan, yang memiliki jumlah tenaga kesehatan terbanyak di Provinsi Sumatera Utara serta jumlah tertinggi dalam berbagai jenis tenaga kesehatan. Kemudian Kelompok 2 mencakup Kota Pematang Siantar, yang memiliki jumlah tenaga keperawatan dan terapi fisik lebih sedikit dibandingkan kelompok 1, (3) kelompok 3 terdiri dari 12 kabupaten dan 6 kota, yaitu Kabupaten Pakpak Bharat, Nias Barat, Samosir, Humbang

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Hasundutan, Nias Utara, Nias, Toba Samosir, Dairi, Labuhanbatu Selatan, Serdang Bedagai, Batu Bara, Karo, serta Kota Padang Sidempuan, Gunungsitoli, Sibolga, Tanjung Balai, Tebing Tinggi, dan Binjai. Grup ini memiliki jumlah tenaga dokter dan farmasi lebih rendah dibandingkan kelompok 2. Kelompok 4 terdiri dari 9 kabupaten, yaitu Kabupaten Padang Lawas Utara, Padang Lawas, Tapanuli Selatan, Labuhanbatu Utara, Tapanuli Tengah, Tapanuli Utara, Asahan, Labuhanbatu, dan Nias Selatan. Grup ini memiliki jumlah tenaga dokter gigi, psikolog klinis, tenaga kesehatan masyarakat, tenaga kesehatan lingkungan, ahli gizi, terapis fisik, dan teknisi medis paling sedikit dibandingkan kelompok 3. Namun, jumlah rata-rata tenaga keperawatan, dokter, dan farmasi lebih tinggi dibandingkan kelompok 3. Selanjutnya kelompok 5 terdiri dari Kabupaten Mandailing Natal, Simalungun, dan Langkat. Grup ini memiliki jumlah tenaga bidan lebih sedikit dibandingkan kelompok 1, serta jumlah tenaga keperawatan, tenaga kesehatan masyarakat, ahli gizi, dan farmasi lebih sedikit dibandingkan kelompok 2. Sedangkan kelompok 6 terdiri dari Kabupaten Deli Serdang, yang memiliki jumlah tenaga kesehatan tertinggi setelah kelompok 1.

Hasil analisis multidimensional scaling pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Islami dan Handayani (2019) tentang pemetaan kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Tengah berdasarkan indikator tenaga kesehatan berbeda dengan penelitian ini. Perbedaan ini disebabkan oleh jumlah data dan jumlah variabel yang digunakan berbeda, selain itu, software yang digunakan berupa Rstudio. Penelitian ini menggunakan 11 variabel tenaga kesehatan yang terdapat pada tahun 2023. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, penelitian dapat dilanjutkan dengan menambah variabel yang berkaitan serta menggunakan data terkini.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah di analisis, maka diperoleh kesimpulan dari hasil pemetaan menggunakan multidimensional scaling terdapat 6 (enam) kelompok kabupaten/kota yang memiliki kemiripan antar objek dalam hal karakteristik jumlah tenaga kesehatan yaitu; (1) Kota Medan memiliki jumlah tenaga kesehatan yang paling tinggi; (2) kota Pematang Siantar, memiliki jumlah tenaga keperawatan dan keterapian fisik lebih rendah dari kelompok 1; (3) Kabupaten Pakpak Bharat, Nias Barat, Samosir, Humbang Hasundutan, Nias Utara, Nias, Toba Samosir, Dairi, Labuhanbatu Selatan, Serdang Bedagai, Batu Bara, Karo, Kota Gunungsitoli, Sibolga, Tanjung Balai, Tebing Tinggi, Padang Sidempuan, dan Binjai, memiliki jumlah tenaga dokter dan kefarmasian lebih rendah dari kelompok 2; (4) Kabupaten Padang Lawas Utara, Padang Lawas, Tapanuli Selatan, Labuhanbatu Utara, Tapanuli Tengah, Tapanuli Utara, Asahan, Labuhanbatu dan Nias Selatan, memiliki jumlah tenaga dokter gigi, psikologi klinis, kesehatan masyarakat, kesehatan lingkungan, gizi, keterapian fisik dan keteknisian medis paling rendah dari kelompok 1, sedangkan untuk jumlah rata-rata tenaga keperawatan, dokter dan kefarmasian lebih tinggi dari kelompok 3; (5) Kabupaten Mandailing Natal, Simalungun dan Langkat, memiliki jumlah tenaga keperawatan, kesehatan masyarakat, gizi dan kefarmasian lebih rendah dari kelompok 2; dan (6) Kabupaten Deli Serdang, memiliki jumlah tenaga kesehatan lebih rendah dari kelompok 1 dari semua jenis tenaga kesehatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dosen Pembimbing yang telah memberikan dukungan sehingga penelitian bisa terlaksana dengan baik.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

DAFTAR PUSTAKA

Agustiawan, Yuniati, F., Wulandari, I., Badi'ah, A., Maftukhah, N. A., & Wicaksono, K. E. (2022). *Kesehatan Masyarakat dan Kesehatan Lingkungan*.

Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara. (2020). *Profil Kesehatan Provinsi Sumatera Utara 2020*.

Islami, M. B., & Handayani, L. (2019). Penerapan Analisis Multidimensional Scaling (MDS) Pada Pemetaan Kabupaten / Kota di Provinsi Sulawesi Tengah Berdasarkan Indikator Tenaga Kesehatan (Application of Multidimensional Scaling (MDS) Analysis to the Mapping of Districts / Cities in Centra. *Journal of Science and Technology*, *08*(02), 138–143.

Mattjik, A. A., & Sumertajaya, I. M. (2011). Sidik Peubah Ganda dengan Menggunakan SAS. In *Sidik Peubah Ganda Dengan menggunakan SAS*.

Nahar, J. (2017). Penerapan Metode Multidimensional Scaling dalam Pemetaan Sarana Kesehatan di Jawa Barat. *Jurnal Matematika Integratif*, *12*(1), 43. https://doi.org/10.24198/jmi.v12.n1.10283.43-50

Nurmayanti, W. P., Nisrina, S., Alpain, I. S. I., Fathurrohman, H., & Septiani, B. D. (2023). PEMETAAN FAKTOR KESEJAHTERAAN KELUARGA PADA KAMPUNG KELUARGA BERKUALITAS DI DESA REMPUNG: ANALISIS MULTIDIMENSIONAL SCALLING. *Jurnal Keluarga Berencana*, *8*(2), 87-94

Panca, W. R., & Sutanto, H. T. (n.d.). (2013). Analisis Posisi Produk Kartu GSM Dengan Metode Multidimensional Scalling (MDS) Pada Mahasiswa Fmipa Universitas Negeri Surabaya. *Jurusan Matematika Universitas Negeri,1(5) Surabaya*. http://www.elektroindonesia.com.

Putri, D. S., Wahyuningsih, S., & Goejantoro, R. (2018). Analisis Positioning dengan Menggunakan Multidimensional Scaling Nonmetrik (Studi Kasus :Data Persepsi dan Preferensi Konsumen Berdasarkan Merek Smartphone di Samarinda, Kalimantan Timur). *Jurnal Eksponensial*, *9*(1), 85–94.

Santoso, Singgih. (2017). *Mahir Statistik Multivariat dengan SPSS*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo

Sarwono, J. (2013). *Statistik multivariat aplikasi untuk riset skripsi. Yogyakarta: Andi Offset*.

World Health Organization (WHO). 2006. *The World Health Report 2006 : Working Together for Health*. Geneva : World Health Organization.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengembangan Video Pembelajaran Matematika Menggunakan *Powtoon* untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa di SMP Negeri 1 Kuala

Aulia Fazriani[1*] & Prihatin Ningsih Sagala[2]
[1,2]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:auliafazriani22@gmail.com*

Abstrak, penelitian ini bertujuan menghasilkan video pembelajaran matematika menggunakan powtoon yang valid, praktis, serta efektif dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa. Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan dengan model pengembangan ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation). Subjek dalam penelitian ini yaitu 30 siswa kelas VIII-A SMP Negeri 1 Kuala. Hasil penelitian menunjukkan bahwa video pembelajaran yang dikembangkan valid dengan rata-rata hasil validasi ahli materi 86,67% dan validasi ahli media 89,05% dengan kategori sangat valid. Kepraktisan video pembelajaran oleh guru diperoleh rata-rata persentase 90%, kepraktisan oleh siswa pada uji coba terbatas 91,39%, serta uji coba lapangan 85,78% dengan kategori sangat praktis. Video pembelajaran yang dikembangkan juga memenuhi kriteria efektif dengan ketuntasan belajar klasikal siswa mencapai 83,33% siswa tuntas atau mampu memperoleh nilai ≥ 70 dan hasil uji N-Gain menunjukkan terdapat peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa sebesar 0,64 dengan kategori sedang. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa video pembelajaran matematika menggunakan powtoon yang dikembangkan memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa.
Kata kunci: Kemampuan Pemecahan Masalah; Model Pengembangan ADDIE; Powtoon; Video Pembelajaran

Abstract, *this study aims to produc a valid, pratical, and efective mathematic learning video powtoon in improving students' mathematil problemsolving abiliti. This type of research using is research and development using the ADDIE development model. The subject in this study were 30 students of class VIII-A SMP Negeri 1 Kuala. The results of the study showed that the develop learning video was valid with an averag validation result from material experts of 86.67% and validation from media experts of 89.05% which was very valid category. The practicality of the learning video by the teacher obtained an average percentage of 90%, practicalty by students in limited trials of 91.39%, and field trials of 85.78% with a very practical category. The developed learning video also met the criteria for effectiveness with classical student learning completenes reaching 83.33% of students completing or being able to obtain a score of ≥70 and the results of the N-Gain test showed an increase in students' mathematicl problem- solving abilities by 0.64 with a moderate category. Based on the research result, it can be conclud mathematics learning video using powtoon that was developed meets the criteria of being valid, practic, and efective in improving student mathematic problemsolving abiliti.*
Keywords*: Problem Solving Ability, ADDIE Development Model, Powtoon, Learning Video*

Citation : Fazriani, A., & Sagala, P. N. (2024). Pengembangan Video Pembelajaran Matematika Menggunakan Powtoon untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa di SMP Negeri 1 Kuala. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 697 – 704.

PENDAHULUAN

Matematika adalah ilmu universal yang berfungsi sebagai dasar untuk kemajuan teknologi

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

masa kini dan sangat penting penting bagi banyak disiplin ilmu lainnya (Wahyuningsih, 2019). Setiap orang harus memahami dasar-dasar matematika, seperti halnya sekolah mengamanatkan bahwa siswa wajib mengambil kelas matematika (Tampubolon, 2022). Ini akan mempengaruhi evolusi pola pikiran manusia dengan memberdayakan siswa untuk berpikir secara kritis, logis, analitik, metodis, dan kreatif (Hamdani dan Priatna, 2021). Hal ini menunjukkan manfaat langsung dan tidak langsung matematika bagi kehidupan manusia (Riswari *et al*., 2023).

Menurut Permendikbud Nomor 22 Tahun 2016 terkait tujuan pembelajran matematika, memecahkan masalah merupakan salahsatu kemampuan penting di pemblajaran matematika. Sependapat dengan hal tersebut, Rinawati dan Ratu (2021) menegaskan bahwa siswa harus dipersiapkan dengan kemampuan pemecahan maslah agar dapat mengatasi kendala yang dialaminya. Krena keterampilan pemecahan masalah sangat penting dalam matematika, maka pemecahan maslah merupakan salah satu tujuan utama pembeljaran matematika. Namun kenyataannya menunjukkan bahwa hasil ataupun proses pemecahan masalah matematis yang dihadapi siswa belum mampu diselesaikan dan dikuasai sepenuhnya (Laia, 2021).

Berdasarkan survei PISA tahun 2015, diperoleh nilai rata-rata siswa Indonesia dalam matematika yaitu 386, jauh dari nilai rata-rata siswa di seluruh dunia yang sebesar 463. Berdasarkan hasil tersebut, kemampuan matemtika siswa Indonesia menduduki peringkat 63 dari 69 negara partisipan (OECD, 2016). Dibandingkan dengan nilai rata-rata global sebesar 458 poin pada survei is tahun 2018, nilai rata-rata matemtika siswa Indonesia turun mejadi 379 poin dan menempatkan mereka pada peringkat 72 dari 78 negara partisipan. (OECD, 2018). Berdasarkan perbandingan tersebut, nilai rata-rata matematika siswa Indonesia menurun dari 386 menjadi 379, yang memperlihatkan bahwa kemampuan matematik negara tersebut masih relatif rendah (Rinawati dan Ratu, 2021).

Berdasarkan hasil observasi dengan memberikan tes diagnostik pada 30 siswa kelas VIII SMP Negeri 1 Kuala, diperoleh nilai rata-rata kemampuan pemecahan maslah matematis siswa yaitu 42,5 dengan 58,33% siswa mampu memahami soal, 48,33% siswa mampu merencanakan penyelesain masalah, 36,66% siswa mampu melaksankan rencana penyelesain, dan 21,66% siswa yang memeriksa kembali penyelesaiannya. Skor tersebut memperlihatkan bahwa kemampuan pemecahan masalh matematis siswa masih rendah.

Hidayat *et al*., (2021) mengatakan bahwa keterbatasan sumber belajar yang tersedia telah menghambat kempuan pemecahan maslah siswa. Karena soal latihan biasanya terbatas pada informasi yang tersedia di buku teks, banyak siswa kesulitan memahmi berbagai pilihan pemecahan masalah. Selain itu, siswa masih menggunakan metode pembelajaran konvesional. Artinya, pengajar masih mengelola sebagian besar kegiiatan pembelajran matematika dan siswa kesulitan memahami informasi yang tersedia di soal. Sependapat dengan hal tersebut, Kountul dan Wibowo (2021) mengatakan bahwa penggunaan media pembelajaran oleh guru yang hanya menggunakan buku paket juga dapat mengakibatkan kemampuan pemecahan maslah matematika siswa rendah atau tidak memenuhi kriteria.

Wawancara dengan salahsatu guru matematika di SMP Negeri 1 Kuala, mengungkapkan bahwa guru hanya menggunakan buku teks sebagai sumber belajar di kelas. Guru masih jarang menggunakan dan belum pernah mengembangkan media pembelajaran baik berupa video maupun media pembelajaran dalam bentuk lainnya yang dapat mendukung kegiatan belajar dalam mencapai tujuan pembelajaran. Hal ini dikarenakan guru masih merasa bingung dan kesulitan untuk menggunakan serta mengembangkan media pembelajaran berbasis teknologi.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Kesulitan siswa dalam melakukan pemecahan masalah menjadi hambatan dalam mencapai tujuan pembelajaran. Penggunaan media pembelajran yang merupakan salahsatu pendekatan untuk meningkatan kemampuan seseorang dalam memecakan maslah matematika dalam pemblajaran (Zafira *et al*., 2023). Nurlianti *et al*., (2024) mengatakan bahwa video pemblajaran merupakan salahsatu media yang mampu digunakan siswa untuk meningkatkan keterampilannya dalam menyelesaikan masalah matematika. Pendapat lain oleh Dewi (2023) juga mengatakan bahwa pengunaan video pemblajaran merupakan cara untuk meningkatan kemampuan pemecahan maslah matematik.

Berdasarkan penelitian Handayani *et al*. (2023) menunjukan bahwa rata-rata nilai siswa pada tes kemampuan kemampuan pemecahan maslah matenatis meningkat secara signifikan sesudah penggunaan media pemblajaran berupa video. Selain itu, penelitian Harefa (2021) menunjukkan bahwa video pemblajaran dapat meningkatkan nilai rata-rata siswa pada tes kemampuannya dalam memecahkan masalah matematka. Siswa dapat mengikuti kelas dimana saja, dan video pemblajaran memudahkan untuk memahami materi. Selain itu, dengan menonton kembali video pemblajaran, siswa dapat mereview apa yang belum dipahami dan membangun sendiri pengetahuannya (Laia, 2021).

Powtoon merupakan media pembelajaran yang menghasilkan video pembelajran guna membantu siswa memahami konsep matematika. Media pembelajaran *powtoon* diproyeksikan bisa mempermudah guru dalam menyajikan pengetahuan selama proses belajar mengajar (Arumningtyas, 2020). Media pembelajran *powtoon* merupakan video pembelajran yang disajikan secara daring untuk membangun presentasi dan menyampaikan materi, kemudian disajikan dengan kombinasi audio yang menjelaskan materi serta penggunaan animasi yang menarik. Selain itu, powtoon timeline sangat mudah digunakan dibandingkan aplikasi sejenis lainnya. (Qodri, 2023).

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian untuk menciptakan inovasi baru dalam pembelajaran matematika menjadi sangat penting. Salah satunya adalah pengembangan video pemblajaran matematika menggunakan *Powtoon* guna meningkatan kemampuan pemecahan maslah matematik siswa di SMP Negeri 1 Kuala. Oleh karena itu, peneliti tertarik melaksanakan penelitian dengan judul "Pengembangan Video Pembelajaran Matematika Menggunakan *Powtoon* untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa di SMP Negeri 1 Kuala".

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksankan di SMP Negeri 1 Kuala Jl. Gajah Mada No. 1 Kuala, Kec. Kuala, Kab. Langkat, Sumatera Utara. Penelitian ini dilakukan pada semester ganjil T.A 2024/2025. Subjek penelitian ini yaitu siswa kelas VIII-A SMP Negeri 1 Kuala. Jenis penelitian yang digunakan yaitu penelitian dan pengembangan (*Research & Development*). Model pengembangan dalam penelitian ini yaitu model pengembangan ADDIE yang dikembankan Dick and Carry. Model pengembangan ADDIE terdapat lima tahap, yaitu *Analysis* (analisis), *Design* (perancangan), *Development* (pengembangan), *Implementation* (implementasi), dan *Evaluation* (evaluasi). Dalam tahap *Development,* peneliti menggunakan *software Powtoon* guna mengembangkan video pembelajaran matematika pada materi pola bilangan.

Dalam penelitian ini, instrumen penelitian digunakan untuk melihat kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan dari video pemblajaran matematika yang dikembangkan. Adapun instumen yang digunakan pada penelitian ini ialah lembar validasi ahli materi dan ahli media, angket respon guru dan siswa, serta tes kemampuan pemecahan masalah matematik. Teknik analisis data yang

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

digunakan dalam penelitian ini yaitu analisis kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan terhadap video pemblajaran matematika yang dikembangkan menggunakan *Powtoon*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) yang menghasilkan produk berupa video pembelajaran matematika menggunakan *Powtoon*. Video pembelajaran matematika ini digunakan untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa di SMP Negeri 1 Kuala kelas VIII-A pada materi pola bilangan.

Penelitian ini dilakukan sesuai dengan prosedur model pengembangan ADDIE yang terdiri dari lima tahap. Tahap pertama *Analysis* (analisis) yaitu analisis kebutuhan, analisis kurikulum, serta analisis situasi dan kondisi sekolah. Tahap analisis diperoleh dari hasil wawacara dan observasi yang dilakukan di SMP Negeri 1 Kuala. Adapun kebutuhan yang diperlukan agar proses pembelajaran matematika dapat berlangsung lebih baik adalah menyajikan materi ajar dengan tampilan yang menarik yaitu menggunakan media pembelajaran berupa video pembelajaran matematika. Berdasarkan hasil wawacara yang peneliti lakukan pada salahsatu guru mata pelajaran matematika SMP Negeri 1 Kuala diperoleh bahwa sekolah tersebut menggunakan kurikulum Merdeka. Berdasarkan hasil observasi diperoleh bahwa situasi dan kondisi sekolah tersebut cukup mendukung dalam penerapan video pembelajaran matematika. Hal ini dikarenakan adanya fasilitas-fasilitas sekolah yang memadai seperti komputer serta proyektor yang bisa mendukung proses pemblajaran.

Tahap kedua *Design* (perancangan) yaitu merancang video pembelajaran yang akan dikembangkan dengan membuat *flowchart* yang berisi ringkasan alur tampilan video pembelajaran dan menyusun instrumen penelitian yang diperlukan, yaitu lembar validasi ahli materi dan ahli media, angket repon guru dan siswa, serta tes kemampuan pemecahan maslah matematis.

Tahap ketiga *Development* (pengembangan) yaitu mengembangkan video pembelajaran matematika menggunakan *Powtoon*, kemudian melakukan validasi oleh ahli materi dan ahli media, serta melakukan uji coba terbatas. Berdasarkan perhitungan hasil lembar validasi isi oleh tiga dosen ahli materi terhadap video pembelajaran matematika menggunkan powtoon, diperoleh persentase hasil validasi sebesar 86,67%. Sesuai dengan kriteria kevalidan video pembelajaran maka persentas tersebut berada di rentang 81%- 100% dengan kategori sangat valid dari segi isi materi. Berdasarkan perhitungan hasil lembar validasi konstruk oleh tiga dosen ahli media terhadap video pembelajran matematika menggunakan powtoon, diperoleh persentase hasil validasi sebesar 89,05%. Sesuai dengan kriteria kevalidan video pembelajaran maka persentase tersebut berada di rentang 81%-100% dengan kategori sangat valid secara tampilan media. Dengan demikian, video pemblajaran matematika menggunakan *powtoon* yang dikembangkan pada penelitian ini layak untuk diujicobakan di dalam kelas.

Uji coba terbatas dilaksanakan untuk melihat kepraktisan atau kemudahan video pembelajaran yang dikembangkan sebelum dilaksanakan uji coba lapangan. Uji coba terbatas dilaksanakan kepada salahsatu guru mata pelajaran matematika dan 6 siswa kelas VIII-C SMP Negeri 1 Kuala dengan menayangkan video pemblajaran dan memberikan lembar kepraktisan berupa angket respon guru serta angket respon siswa. Berdasarkan hasil perhitungan angket respon guru didapat persentase skor kepraktisan video pembelajaran oleh guru sebesar 90%. Sesuai dengan kriteria kepraktisan video pembelajaran maka persentase tersebut berada di rentang 81%-100%. Sehingga disimpulkan bahwa video pemblajaran matematika menggunakan *powtoon* yang

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dikembangkan dinyatakan sangat praktis. Berdasarkan hasil perhitungan angket respon siswa pada uji coba terbatas didapat persentase skor kepraktisan video pembelajaran oleh 6 siswa sebesar 91,39%. Sesuai dengan kriteria kepraktisan video pembelajaran maka persentase tersebut berada di rentang 81%-100% kategori sangat praktis. Dengan demikian, hasil uji coba terbatas video pembelajaran matematika menggunakan *powtoon* yang dikembangkan dalam penelitian ini dinyatakan sangat praktis dan dapat diujicobakan di dalam kelas.

Tahap keempat *Implementation* (implementasi) yaitu mengimplementasikan video pembelajaran dengan melaksanakan uji coba lapangan. Uji coba lapangan diterapkan terhadap 30 siswa kelas VIII-A SMP Negeri 1 Kuala dengan cara menayangkan video pembelajaran menggunakan LCD Proyektor. Berdasarkan hasil perhitungan angket respon siswa pada uji coba lapangan diperoleh persentase nilai kepraktisan video pembelajaran oleh siswa sebesar 85,78%. Sesuai dengan kriteria kepraktisan video pembelajaran maka persentase tersebut berada pada rentang 81%-100% dengan kategori sangat praktis. Dengan demikian, disimpulkan bahwa video pemblajaran matematika menggunakan *powtoon* yang dikembangkan dalam penelitian ini sangat praktis digunakan pada proses pembelajaran.

Keefektifan video pembelajaran matematika menggunakan *powtoon* pada penelitian ini terlihat dari ketuntas belajar klasikal siswa dan peningkatan kemampuan pemecahan maslah matematis siswa. Adapun persentase ketuntas belajar siswa secara klasikal dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Persentase Ketuntasan Belajar Klasikal Siswa

Keterangan	Tes Kemampuan Awal (Pretest)		Tes Kemampuan Akhir (Posttest)	
	Jumlah Siswa	Presentase	Jumlah Siswa	Persentase
Tuntas	6	20%	25	83,33%
Tidak Tuntas	24	80%	5	16,67%
Jumlah	30	100%	30	100%

Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 1 maka diperoleh ketuntasan belajar klasikal siswa sebelum penerapan video pembelajaran dengan memberikan *pretest* adalah 20%. Sedangkan ketuntasan belajar klasikal siswa setelah penerapan video pembelajaran dengan memberikan *posttest* adalah 83,33%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa ketuntasan belajar klasikal siswa sudah memenuhi kriteria yang diinginkann yaitu minimal 75% siswa tuntas atau mampu mencapai nilai ≥ 70.

Pengembangan video pembelajaran matematika menggunakan *powtoon* untuk meningkatkan kemampun pemecahan masalah matematik siswa kelas VIII-A SMP Negeri 1 Kuala dapat dilihat melalui hasil pengerjaan *pretest* serta *posttest* yang diberikan pada siswa. Kemampuan pemecahan maslah matematis ada empat indikator, yaitu memahami maslah, merencanakn penyelesain masalah, melaksanakn rencana penyelesain, serta memeriksa kembali. Peningkatan kemampuan pemecahan maslah matematis siswa tiap indikator pada saat sebelum juga sesudah penerapan video pemblajaran menggunakan *powtoon* melalui *pretest* dan *posttest* yang dikerjakan siswa dilihat pada tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa terdapat peningkatan kemampuan pemecahan maslah matematik siswa tiap indikator dari *pretest* dan *posttest* yang dikerjakan siswa. Indikator memahami masalah mengalami peningkatan sebesar 23,98%, dari 68,61% menjadi 92,59%. Kemudian, indikator merencanakan penyelesaian masalah mengalami peningkatan sebesar 30,38%, yaitu dari 55% menjadi 85,38%. Selanjutnya, indikator melaksanakan rencana penyelesaian mengalami peningkatan sebesar 27,9%, yaitu dari 53,5% menjadi 80,4%. Yang terakhir, pada indikator memeriksa kembali mengalami peningkatan sebesar 43,77%, yaitu dari 20% menjadi 63,77%.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Tabel 2. Persentase Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis

Indikator Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis	Rata-rata Persentase		
	Pretest	Posttest	Peningkatan
Memahami Masalah	68,61%	92,59%	23,98%
Merencanakan Penyelesaian Masalah	55%	85,38%	30,38%
Melaksanakan Rencana Penyelesaian	52,5%	80,4%	27,9%
Memeriksa Kembali	20%	63,77%	43,77%

Kemudian dalam penelitian ini juga diperoleh skor rata-rata N-Gain yaitu 0,64 yang masuk di kategori sedang. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa kemampuan pemecahan maslah matematis siswa setelah penerapan video pemblajaran matematika menggunakan *powtoon* mengalami peningkatan yang dikategorikan dalam kategori sedang. Dari hasil analisis peningkatan kemampuan pemecahan maslah matematis tiap indikator dan hasil analisis uji N-Gain, disimpulkan bahwa kemampuan pemecahan maslah matematik siswa mengalami peningkatan setelah penerapan video pembelajaran di dalam kelas. Dengan demikian, video pemblajaran matematika menggunakan *powtoon* dikembangkan guna meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematik siswa bisa dikatakan efektif.

Tahap kelima *Evaluation* (evaluasi), dilakukan pada setiap tahap pengembangan video pembelajaran menggunakan *powtoon* melihat apakah indikator keberhasilan produk yang dikembangkan tercapai. Tahap evaluasi dilakukan agar hasil validasi oleh ahli materi dan ahli media, hasil angket respon guru dan siswa, serta hasil *pretest* dan *posttest* dapat diolah dan dianalisis untuk menyimpulkan bahwa benar atau tidak adanya peningkatan kemampuan pemecahan maslah matematis siswa melalui penerapan video pemblajaran matematika menggunakan *powtoon*. Terdapat beberapa penelitian yang relavan dilaksanakan oleh penelitian sebeumnya yang fokus penelitiannya pada pengembangan suatu media pembelajaran berupa video, antara lain penelitian oleh Noorhidayah *et al*. (2024) dengan judul "Pengembangan Media Pembelajaran Video Animasi Berbasis *Powtoon* dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa". Hasil validasi dari ahli materi serta ahli media terhadap video animasi *powtoon* yang dikembangkan memperoleh nilai masing-masing sebesar 96,73% dan 95% dengan kategori sangat layak, serta tingkat kepraktisan sebesar 91,66% kategori sangat praktis. Dari hasil analisis *pretest* dan *posttest* terdapat peningkatan hasil blajar siswa, serta didapat nilai N-gain sebesar 0,69 yang termasuk kategori sedang. Berdasarkan hasil tesebut, video animasi menggunakan *powtoon* bisa meningkatkan hasil belajar siswa serta layak digunakan untuk media pembelajaran. Penelitian lain oleh Rahman Haryadi *et al*. (2022) dengan judul "Pengembangan Media Video Animasi Menggunakan *Software Powtoon* untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa". Hasil validasi ahli media serta ahli materi trhadap video animasi yang dikembagkan memperoleh persentase indeks rata-rata yaitu 92% dengan kategori sangat valid. Tingkat kepraktisan yang diperoleh dari respon guru dan siswa masing- masing sebesar 98,67% dan 93,38% dengan kategori sangat praktis. Tingkat keefektifan sebesar 61% dengan kategori efektif. Berdasarkan hasil tersebut, maka video animasi yang dikembangkan dapat dikatakan layak digunakan, serta efektif untuk tinggkstksn kemampuan berpikir kritik siswa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian pengembangan video pembelajaran matematika menggunakan *Powtoon*, maka dapat disimpulkan bahwa: (1) Pengembangan video pembelajran matematika menggunakan *Powtoon* dilakukan sesuai dengan prosedur model

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pengembangan ADDIE yang terdiri dari lima tahap. Tahap pertama *Analysis* yaitu analisis kebutuhan, analisis kurikulum, serta analisis situasi dan kondisi sekolah. Tahap kedua *Design* yaitu merancang video pembelajaran yang akan dikembangkan dengan membuat flowchart dan menyusun instrumen penelitian. Tahap ketiga *Development* yaitu mengembangkan video pembelajaran matematika menggunakan *Powtoon*, kemudian melakukan validasi oleh ahli materi dan ahli media, serta melakukan uji coba terbatas. Tahap keempat *Implementation* yaitu mengimplementasikan video pembelajaran dengan melakukan uji coba lapangan. Tahap kelima *Evaluation* yaitu melakukan evaluasi video pembelajaran untuk menghasilkan produk yang valid, prkatis, dan efektif. (2) Kualitas video pembelajaran matematika menggunakan *Powtoon* dilihat dari aspek kevalidan diperoleh hasil validasi ahli materi 86,67% dan ahli media 89,05% dengan kategori sangat valid. Dari aspek kepraktisan didapat hasil angket respon guru 90%, angket respon siswa pada uji coba terbatas 91,39%, dan angket respon siswa dalam uji coba lapangan 85,78% dengan kategori sangat praktis. Dari aspek keefektifan diperoleh ketuntasan blajar klasikal siswa mencapai 83,33% siswa tuntas atau mampu memperoleh nilai ≥ 70 dan hasil uji N-Gain menunjukan terdapat peningkatan kemampuan pemecahn masalah matematis siswa sebesar 0,64 dengan kategori sedang.

DAFTAR PUSTAKA

Arumningtyas, D. P. (2020). Pengembangan media pembelajaran dengan aplikasi Powtoon pada mata pelajaran penataan produk kelas XI pemasaran di SMK Kusuma Negara Kertosono. *Jurnal Pendidikan Tata Niaga*, 8(01).

Dewi, P. A. C. (2023). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika pada Materi Matriks Berbantuan Video Pembelajaran Ditinjau dari Kemampuan Koneksi Matematika Mahasiswa. *JIIP-Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 6(8), 6393-6400. https://doi.org/10.54371/jiip.v6i8.2751

Hamdani, M. F., & Priatna, N. (2021). Pengembangan media pembelajaran matematika berbasis android untuk siswa SMP/MTs dan SMA/MA. *JURING (Journal for Research in Mathematics Learning)*, 4(2), 163-170. http://dx.doi.org/10.24014/juring.v4i2.12795

Handayani, T., Sutiarso, S., & Firdaus, R. (2023). Pengaruh Media Pembelajaran Berbasis FlipaClip Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis dan Kemandirian Belajar Siswa. *Histogram: Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(1), 350-366.

Harefa, D., & La'ia, H. T. (2021). Media pembelajaran audio video terhadap kemampuan pemecahan masalah matematika siswa. Aksara: *Jurnal Ilmu Pendidikan Nonformal*, 7(2), 327-338. http://dx.doi.org/10.37905/aksara.7.2.327-338.2021

Haryadi, R., Prihatin, I., Oktaviana, D., & Herminovita, H. (2022). Pengembangan media video animasi menggunakan software powtoon terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. *AXIOM: Jurnal Pendidikan Dan Matematika*, 11(1), 11-23. http://dx.doi.org/10.30821/axiom.v11i1.10339

Hidayat, R., Musdi, E., & Yerizon, Y. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbasis Realistic Mathematics Education (RME) untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi Matematis Peserta Didik Kelas X SMA. *Jurnal Pendidikan Matematika Raflesia*, 6(3), 22-31. https://doi.org/10.33369/jpmr.v6i3.15469

Kountul, Y. K., & Wibowo, E. (2021). Pengembangan media pembelajaran video sparkol videoscribe pada materi lingkaran dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah

matematika. *Linear: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 5(2), 142-158. https://doi.org/10.53090/jlinear.v5i2.207

Noorhidayah, N., Ratumbuysang, M. F. N. G., & Satrio, A. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Video Animasi Berbasis Powtoon dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *JIIP-Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 7(1), 620-628. https://doi.org/10.54371/jiip.v7i1.3207

Nurlianti, I., Septian, A., & Muhammad, G. M. (2024). Penggunaan Video Pembelajaran Dalam Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa. *Jurnal Edukasi dan Sains Matematika (JES-MAT)*, 10(1). https://doi.org/10.25134/jes-mat.v10i1.8268

Qodri, R. (2023). Desain Media Pembelajaran Interaktif Komputer Jaringan Dasar Kelas X Menggunakan Powtoon di SMKN 4 Payakumbuh. EDU-RILIGIA: *Jurnal Ilmu Pendidikan Islam dan Keagamaan*, 7(1). http://dx.doi.org/10.47006/er.v7i1.14976

Rinawati, R., & Ratu, N. (2021). Analisis kemampuan pemecahan masalah siswa SMP kelas VIII pada materi bangun ruang sisi datar ditinjau dari kecerdasan logis matematis. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(2), 1223-1237. https://doi.org/10.31004/cendekia.v5i2.607

Riswari, L. A., Mukti, L. I., Tamara, L. F., Hapsari, M. A. P., & Cahyaningrum, D. A. (2023). Analisis kemampuan pemecahan masalah Matematis pada materi pecahan siswa kelas III SDN 2 Karangrejo. *Jurnal Ilmiah Matematika Realistik*, 4(2), 188-194.

Tampubolon, R. (2022). Pembelajaran Matematika Realistik Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis. *JS (JURNAL SEKOLAH)*, 4(3), 236-246.

Wahyuningsih, E. (2019). Pembelajaran Matematika dengan Pendekatan Problem Based Learning dalam Implementasi Kurikulum 2013. *Jurnal Pengembangan Pembelajaran Matematika*, 1(2), 69-87.

Zafirah, H., Jamaan, E. Z., Suherman, S., & Permana, D. (2023). Pengembangan Vidio Pembelajaran Matematika Menggunakan Model Flip Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Peserta Didik. *Jurnal Basicedu*, 7(1), 544-552. https://doi.org/10.31004/basicedu.v7i1.4582

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Penerapan Metode Adams-Bashfort-Moulton pada Persamaan Logistik dalam Memprediksi Pertumbuhan Penduduk di Provinsi Sumatera Utara

Zahwa Awaliyah Eff Hasibuan[1*], Arnah Ritonga[2]

[1,2]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author: zahwaawaliyah25@gmail.com*

Abstrak, dalam penelitian ini, persamaan logistik digunakan sebagai model untuk memprediksi pertumbuhan penduduk di Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Utara. Dengan menggunakan metode Adams-Bashforth-Moulton sebagai prediktor dan metode Adams-Moulton sebagai korektor, penelitian ini bertujuan untuk menemukan solusi persamaan logistik tersebut secara numerik dan melihat seberapa akurat metode dalam memprediksi. Pendekatan banyak langkah (multi-step) ini menggunakan metode Adams-Bashforth sebagai prediktor dan metode Adams-Moulton sebagai korektor. Untuk memulai proses penyelesaian, selesaikan terlebih dahulu persamaan logistik menggunakan metode Runge-Kutta sehingga diperoleh empat solusi awal yang kemudian dilanjutkan dengan metode Adams-Bashforth-Moulton. Penelitian ini menggunakan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), yang mencakup periode 2013–2023 untuk setiap Kabupaten dan Kota di Provinsi Sumatera Utara. Hasilnya menunjukkan bahwa populasi setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Utara cenderung meningkat setiap tahun dari tahun 2024–2028, dengan kriteria pemberhentian yang terpenuhi yaitu $\varepsilon = 5 \times 10^{-7}$. Selain itu, nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 6,1578% yang kurang dari 10% menunjukkan bahwa metode peramalan yang digunakan sangat akurat.
Kata kunci: Metode Adams-Bashfort Moulton; Persamaan Logisti; Pertumbuhan Penduduk

Abstract, *in this study, the logistic equation is used as a model to predict population growth in regencies/cities in North Sumatra Province. By using the Adams-Bashforth-Moulton method as a predictor and the Adams-Moulton method as a corrector, this study aims to find the solution of the logistic equation numerically and see how accurate the method is in predicting. This multi-step approach uses the Adams-Bashforth method as the predictor and the Adams-Moulton method as the corrector. To start the solution process, first solve the logistic equation using the Runge-Kutta method so as to obtain four initial solutions which are then continued with the Adams-Bashforth-Moulton method. This study uses data from the Central Bureau of Statistics (BPS), which covers the period 2013-2023 for each Regency and City in North Sumatra Province. The results show that the population of each Regency / City in North Sumatra Province tends to increase every year from 2024-2028, with the stopping criteria being met, namely* 5×10^{-7}*.. In addition, the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) value of 6.1578% which is less than 10% indicates that the forecasting method used is very accurate.*
Keywords*: Adams-Bashfort Moulton Method; Logistic Equation; Population Growth,*

Citation : Hasibuan, Z. A. E., & Ritonga, A. (2024). Penerapan Metode Adams-Bashfort-Moulton pada Persamaan Logistik dalam Memprediksi Pertumbuhan Penduduk di Provinsi Sumatera Utara. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 705 – 714.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk merupakan salah satu isu penting yang memerlukan prediksi akurat guna mendukung perencanaan dan kebijakan publik. Prediksi jumlah penduduk mempertimbangkan kelahiran, kematian, migrasi, dan imigrasi, serta menjadi dasar dalam menyediakan kebutuhan dasar

dan layanan publik secara berkelanjutan. Di antara berbagai model pertumbuhan populasi, model logistik yang dikembangkan oleh Pierre Francois Verhulst menjadi salah satu yang paling akurat, karena mampu menggambarkan pertumbuhan populasi dengan mempertimbangkan batasan lingkungan. Model ini dinyatakan dalam bentuk persamaan diferensial nonlinier yang memerlukan metode numerik untuk penyelesaiannya.

Metode numerik memainkan peran penting dalam menyelesaikan persamaan diferensial, terutama melalui dua jenis pendekatan, yaitu metode satu langkah one-step) dan metode banyak langkah (multi-step). Penelitian ini menggunakan metode Adams-Bashforth-Moulton (ABM), salah satu metode multi-langkah yang menggabungkan metode eksplisit (Adams-Bashforth) dan implisit (Adams-Moulton). Metode ini terkenal karena mampu menghasilkan solusi dengan tingkat akurasi tinggi tanpa memerlukan turunan fungsi. Penelitian terdahulu menunjukkan penerapan ABM dalam berbagai konteks, seperti ekonomi (Sofia & Fibri, 2023), prediksi jumlah penduduk (Suci et al., 2022), dan pertumbuhan hasil panen (Syafruddin et al., 2019). Keunggulan metode ini terletak pada stabilitas dan ketepatan prediksinya dalam menyelesaikan persamaan diferensial biasa.

Sumatera Utara, provinsi dengan jumlah penduduk terpadat keempat di Indonesia, mengalami peningkatan populasi yang signifikan. Menurut proyeksi Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah penduduk provinsi ini meningkat dari 14.799.361 jiwa pada tahun 2020 menjadi 15.386.640 jiwa pada tahun 2023, dengan kepadatan mencapai 212 jiwa/km². Pertumbuhan populasi yang terus meningkat memerlukan upaya pemenuhan kebutuhan sumber daya dan infrastruktur, serta mencegah tekanan lingkungan dan sosial. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi populasi penduduk di 33 kabupaten/kota di Sumatera Utara menggunakan metode ABM pada persamaan logistik, berdasarkan data tahun 2013-2023. Dengan demikian, pnelitian ini bertujuan untuk memprediksi pertumbuhan penduduk di kabupaten/kota Provinsi Sumatera Utara menggunakan metode Adams-Bashforth-Moulton, serta menganalisis akurasi prediksi tersebut berdasarkan data tahun 2013-2023.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif untuk menggambarkan dan memprediksi keadaan jumlah penduduk secara objektif berdasarkan angka-angka (Arikunto, 2006). Tujuan penelitian adalah memprediksi jumlah penduduk di 33 Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Utara pada periode 2024–2028, menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Sumatera Utara untuk rentang tahun 2013–2023. Data dikumpulkan secara deskriptif dengan merujuk pada publikasi resmi dan dokumen lembaga terkait.

Prosedur penelitian diawali dengan pengumpulan data dan perhitungan laju pertumbuhan serta kapasitas tampung populasi. Model logistik diterapkan untuk menggambarkan dinamika pertumbuhan, dan metode Runge-Kutta Orde 4 digunakan untuk memperoleh empat solusi awal P_0, P_1, P_2 dan P_3, Selanjutnya, nilai f_r, f_{r-1}, f_{r-2} dan f_{r-3} pada persamaan logistik dihitung untuk setiap iterasi $r = 3, 4, \ldots n$. Metode Adams-Bashforth Orde 4 digunakan sebagai prediktor untuk menentukan nilai awal prediksi $P_{r+1}^{(0)}$ dengan persamaan 1.

$$P_{r+1}^{(0)} = P_r + \frac{h}{24}(55f_r - 59f_{r-1} + 37f_{r-2} - 9f_{r-3}) \quad (1)$$

setelah itu, koreksi dilakukan menggunakan metode Adams-Moulton Orde 4 dengan persamaan (2).

$$P_{r+1} = P_r + \frac{h}{24}\left(f_{r-2} - 5f_{r-1} + 19f_r + 9f_{r+1}^{(0)}\right) \quad (2)$$

Koreksi ini diulang hingga memenuhi kriteria konvergensi dengan persamaan 3.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

$$\frac{\left|P_{r+1}^{(1)} - P_{r+1}^{(0)}\right|}{\left|P_{r+1}^{(1)}\right|} < \varepsilon \tag{3}$$

dengan nilai $\varepsilon = 5 \times 10^{-7}$. Jika kriteria konvergensi tidak tercapai, ukuran langkah h dianalisis dan disesuaikan, lalu proses iterasi diulang hingga seluruh interval waktu terpenuhi. Hasil simulasi model digunakan untuk memprediksi jumlah penduduk di masa mendatang dan divisualisasikan menggunakan grafik MATLAB untuk memperlihatkan tren pertumbuhan berdasarkan model yang dikembangkan. Tahap akhir penelitian adalah pelaporan hasil, yang mencakup metodologi, simulasi, dan analisis yang didokumentasikan dalam bentuk laporan lengkap. Laporan ini disertai grafik, tabel, dan interpretasi hasil simulasi dari MATLAB.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode Runge-Kutta dan Adams-Bashforth-Moulton digunakan dalam penelitian ini untuk memprediksi jumlah penduduk di 33 Kabupaten atau Kota di Provinsi Sumatera Utara. Data sekunder yang dikumpulkan melalui media perantara atau sumber tidak langsung digunakan dalam penelitian ini. Data tentang jumlah penduduk di Sumatera Utara untuk tahun 2013–2023 berasal dari Badan Pusat Statistik. Menentukan laju pertumbuhan penduduk Untuk Kabupaten Nias:

$$m = \frac{1}{t} ln\left(\frac{P(t)}{P_0}\right) = \frac{1}{1} ln\left(\frac{139.862}{137.846}\right) = 0{,}01451 = 0{,}015 \tag{5}$$

Tabel 1 menunjukkan rincian laju pertumbuhan penduduk untuk setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Utara dari tahun 2013-2023.

Tabel 1 Laju Pertumbuhan Kabupaten/Kota di Sumatera Utara

No	Kabupaten/Kota	Laju Pertumbuhan	Adams Bashfort	Adams Moulton	Galat Relatif
1	Nias	0,015	145.955,216875	145.955,216735	$9{,}5920 \times 10^{-10}$
2	Mandailing Natal	0,011	437.775,348125	437.775,348585	$1{,}0508 \times 10^{-9}$
3	Tapanuli Selatan	0,008	279.047,128500	279.047,129961	$5{,}2357 \times 10^{-9}$
4	Tapanuli Tengah	0,022	362.730,998792	362.730,998644	$4{,}0802 \times 10^{-10}$
5	Tapanuli Utara	0,008	296.877,794667	296.877,794626	$1{,}3810 \times 10^{-10}$
6	Toba	0,006	181.478,095500	181.478,095491	$4{,}9593 \times 10^{-11}$
7	Labuhan Batu	0,020	475.896,621333	475.896,620133	$2{,}5216 \times 10^{-9}$
8	Asahan	0,010	714.270,864125	714.270,864906	$1{,}0934 \times 10^{-9}$
9	Simalungun	0,007	855.312,355167	855.312,354027	$1{,}3328 \times 10^{-9}$
10	Dairi	0,006	282.078,875417	282.078,874018	$4{,}9596 \times 10^{-9}$
11	Karo	0,019	401.081,658792	401.081,658930	$3{,}4407 \times 10^{-10}$
12	Deli Serdang	0,023	2.002.357,851625	2.002.357,850818	$4{,}0302 \times 10^{-10}$
13	Langkat	0,009	1.021.146,249875	1.021.146,249222	$6{,}3948 \times 10^{-10}$
14	Nias Selatan	0,011	313.792,369083	313.792,369961	$2{,}7980 \times 10^{-9}$
15	Humbang Hasundutan	0,011	186.522,046042	186.522,044705	$7{,}1681 \times 10^{-9}$
16	Pakpak Bharat	0,021	47.352,709833	47.352,710566	$1{,}5480 \times 10^{-8}$
17	Samosir	0,005	124.819,715250	124.819,714115	$9{,}0931 \times 10^{-9}$
18	Serdang Bedagai	0,004	611.625,983625	611.625,984804	$1{,}9276 \times 10^{-9}$
19	Batu Bara	0,012	408.506,395125	408.506,395816	$1{,}6915 \times 10^{-9}$
20	Padang Lawas Utara	0,022	262.186,612375	262.186,612298	$2{,}9368E \times 10^{-10}$
21	Padang Lawas	0,025	269.212,865208	269.212,864674	$1{,}9836 \times 10^{-9}$
22	Labuhan Batu Selatan	0,022	325.052,137583	325.052,135765	$5{,}5929 \times 10^{-9}$
23	Labuan Batu Utara	0,011	357.443,114917	357.443,114718	$5{,}5673 \times 10^{-10}$
24	Nias Utara	0,010	136.583,842917	136.583,844645	$1{,}2652 \times 10^{-8}$
25	Nias Barat	0,007	82.604,737083	81.994,254901	$6{,}0615 \times 10^{-9}$
26	Sibolga	0,004	87.150,750583	87.150,750208	$4{,}3029 \times 10^{-9}$
27	Tanjung Balai	0,014	171.276,763875	171.276,762983	$5{,}2079 \times 10^{-9}$
28	Pematang Siantar	0,009	250.968,931000	250.968,931437	$1{,}7413 \times 10^{-9}$
29	Tebing Tinggi	0,014	160.901,125917	160.901,126151	$1{,}4543 \times 10^{-9}$
30	Medan	0,009	2.192.104,540000	2.192.104,541844	$8{,}4120 \times 10^{-10}$

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

31	Binjai	0,013	270.548,960458	270.548,959563	$3{,}3081 \times 10^{-9}$
32	Padang Sidimpuan	0,016	215.607,460875	215.607,461986	$5{,}1529 \times 10^{-9}$
33	Gunung Sitoli	0,014	139.662,476125	139.662,475562	$4{,}0311 \times 10^{-9}$

Karena jumlah penduduknya masih di bawah 3.000.000, maka diasumsikan bahwa kapasitas tampungnya adalah $K = 3.000.000$, dengan interval [0,15] dan ukuran langkah h = 1. Persamaan Logistik pada pertumbuhan penduduk dengan menggunakan persamaan 6, misalnya untuk Kabupaten Nias.

$$\frac{dp}{dt} = m\left(1 - \frac{P}{K}\right)P = 0{,}015\left(1 - \frac{P}{3.000.000}\right)P \quad (6)$$

Setelah persamaan logistiknya ditemukan, nilai P_0, P_1, P_2 dan P_3 dihitung dengan menggunakan metode Runge-Kutta orde empat. Persamaan logistik, nilai awal, dan interval juga telah diketahui seperti persamaan 6. Dengan nilai awal untuk $P(0) = 137.846$ pada interval [0,15] dengan ukuran langkah $h = 1, r = 0, t_0 = 0,$ dan $P_0 = 137.846$.

Kemudian untuk menghitung solusi awal P_1 nilai k_1, k_2, k_3 dan k_4, harus dihitung terlebih dahulu:

$k_1 = hf(t_r, P_r) = hf(t_0, P_0) = hf(0; 137.846) = 1.972{,}682$

$k_2 = hf\left(t_r + \frac{1}{2}h, P_r + \frac{1}{2}k_1\right) = hf(t_0 + \frac{1}{2}h, P_0 + \frac{1}{2}k_1) = hf\left(0 + \frac{1}{2}; 137.846 + \frac{1.972{,}682}{2}\right) = 1.986{,}113$

$k_3 = hf\left(t_r + \frac{1}{2}h, P_r + \frac{1}{2}k_2\right) = hf\left(t_0 + \frac{1}{2}h, P_0 + \frac{1}{2}k_2\right) = hf\left(0 + \frac{1}{2}; 137.846 + \frac{1.986{,}113}{2}\right) == 1.986{,}204$

$k_4 = hf(t_r + h, P_r + k_3) = hf(t_0 + h, P_0 + k_3) = 1\left[0{,}015\left(1 - \frac{139.832{,}204}{3.000.000}\right)139.832{,}204\right] = 1.999{,}718$

Setelah diperoleh nilai-nilai $k_1, k_2, k_3\ dan\ k_4$ disubstitusikan ke persamaan Runge-Kutta orde empat: $P_{r+1} = P_r + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) = P_0 + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) = 139.832{,}173$, maka perhitungan dapat dilanjutkan sampai P_3. Hasil perhitungan tiap Kabupaten/Kota tersebut dapat di lihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Empat Solusi Awal Menggunakan Metode Runge-Kutta Orde Empat Kab/Kota Sumut

Kab/Kota (r; t_r; P_n;P'))	r_n	t_r	k_1	k_2	k_3	k_4	P_n	P'
Nias	1	2	1.972,682	1.986,113	1.986,204	1.999,718	139.832,173	1.999,717
(0;1;137.846; 1.972,682)	2	3	1.999,717	2.013,312	2.013,405	2.027,083	141.845,545	2.027,082
	3	0	2.027,082	2.040,843	2.040,936	2.054,781	143.886,448	2.054,780
Mandailing Natal	1	2	3.985,697	4.001,442	4.001,504	4.017,283	425.580,479	4.017,283
(0;1;421.579; 3.985,697)	2	3	4.017,283	4.033,095	4.033,157	4.049,001	429.613,610	4.049,001
	3	0	4.049,001	4.064,877	4.064,939	4.080,848	433.678,524	4.080,848
Tapanuli Selatan	1	2	1.972,505	1.978,966	1.978,988	1.985,465	273.031,980	1.985,465
(0;1;271.053; 1.972,505)	2	3	1.985,465	1.991,959	1.991,980	1.998,490	275.023,952	1.998,490
	3	0	1.998,490	2.005,015	2.005,037	2.011,578	277.028,981	2.011,578
Tapanuli Tengah	1	2	6.557,146	6.613,059	6.613,535	6.669,771	342.206,351	6.669,768
(0;1;335.593; 6.557,146)	2	3	6.669,768	6.726,316	6.726,795	6.783,664	348.932,960	6.783,661
	3	0	6.783,661	6.840,839	6.841,320	6.898,815	355.774,092	6.898,812
Tapanuli Utara	1	2	2.085,576	2.092,311	2.092,333	2.099,084	290.519,325	2.099,084
(0;1;288.427; 2.085,576)	2	3	2.099,084	2.105,851	2.105,873	2.112,656	292.625,189	2.112,656
	3	0	2.112,656	2.119,455	2.119,477	2.126,292	294.744,658	2.126,292
Toba	1	2	1.001,612	1.004,261	1.004,268	1.006,923	178.433,265	1.006,923
(0;1;177.429; 1.001,612)	2	3	1.006,923	1.009,584	1.009,591	1.012,258	179.442,853	1.012,258
	3	0	1.012,258	1.014,931	1.014,938	1.017,617	180.457,789	1.017,617
Labuhan Batu	1	2	7.576,063	7.629,266	7.629,639	7.683,026	452.361,483	7.683,024
(0;1;444.732; 7.576,063)	2	3	7.683,024	7.736,585	7.736,958	7.790,698	460.098,284	7.790,696
	3	0	7.790,696	7.844,605	7.844,978	7.899,059	467.943,105	7.899,057
Asahan	1	2	5.327,723	5.342,035	5.342,074	5.356,377	698.073,053	5.356,377
(0;1;692.731; 5.327,723)	2	3	5.356,377	5.370,671	5.370,709	5.384,994	703.443,742	5.384,994
	3	0	5.384,994	5.399,268	5.399,306	5.413,569	708.843,027	5.413,569
Simalungun	1	2	4.228,342	4.234,860	4.234,870	4.241,377	842.529,863	4.241,377
(0;1;838.295; 4.228,342)	2	3	4.241,377	4.247,873	4.247,883	4.254,368	846.777,739	4.254,368
	3	0	4.254,368	4.260,842	4.260,852	4.267,315	851.038,585	4.267,315
Dairi	1	2	1.503,672	1.507,352	1.507,361	1.511,048	277.512,358	1.511,048

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Kab/Kota (r; t_r; P_n;P'))	r_n	t_r	k_1	k_2	k_3	k_4	P_n	P'
(0;1;276.005;	2	3	1.511,048	1.514,741	1.514,750	1.518,450	279.027,105	1.518,450
1.503,672)	3	0	1.518,450	1.522,157	1.522,166	1.525,880	280.549,268	1.525,880
Karo	1	2	6.240,102	6.284,486	6.284,801	6.329,379	381.686,676	6.329,377
(0;1;375.402; 6.240,102)	2	3	6.329,377	6.374,142	6.374,458	6.419,416	388.061,008	6.419,414
	3	0	6.419,414	6.464,556	6.464,873	6.510,204	394.525,754	6.510,202
Deli Serdang	1	2	15.764,498	15.710,821	15.711,005	15.656,565	1.955.893,786	15.656,567
(0;1;1.940.183;	2	3	15.656,567	15.601,374	15.601,570	15.545,640	1.971.495,135	15.545,641
15.764,498)	3	0	15.545,641	15.488,984	15.489,192	15.431,821	1.986.984,104	15.431,823
Langkat	1	2	5.991,091	6.000,104	6.000,117	6.009,090	1.003.039,104	6.009,090
(0;1;997.039; 5.991,091)	2	3	6.009,090	6.018,021	6.018,035	6.026,925	1.009.057,125	6.026,925
	3	0	6.026,925	6.035,775	6.035,788	6.044,595	1.015.092,899	6.044,595
Nias Selatan	1	2	2.984,449	2.997,554	2.997,611	3.010,758	304.640,590	3.010,758
(0;1;301.643; 2.984,449)	2	3	3.010,758	3.023,946	3.024,004	3.037,233	307.664,571	3.037,233
	3	0	3.037,233	3.050,503	3.050,561	3.063,872	310.715,110	3.063,872
Humbang Hasundutan	1	2	1.851,245	1.860,209	1.860,252	1.869,254	180.832,237	1.869,254
(0;1;178.972; 1.851,245)	2	3	1.869,254	1.878,292	1.878,335	1.887,411	182.710,557	1.887,411
	3	0	1.887,411	1.896,524	1.896,568	1.905,719	184.607,109	1.905,719
Pakpak Bharat	1	2	902,151	911,346	911,440	920,729	44.504,409	920,728
(0;1;43.593; 902,151)	2	3	920,728	930,107	930,203	939,677	45.434,580	939,676
	3	0	939,676	949,242	949,340	959,002	46.383,887	959,001
Samosir	1	2	587,255	588,604	588,607	589,958	123.037,606	589,958
(0;1;122.449;587,255)	2	3	589,958	591,311	591,314	592,671	123.628,919	592,671
	3	0	592,671	594,030	594,034	595,396	124.222,951	595,396
Serdang Bedagai	1	2	1.929,273	1.931,577	1.931,579	1.933,884	605.803,578	1.933,884
(0;1;603.872; 1.929,273	2	3	1.933,884	1.936,188	1.936,191	1.938,496	607.739,768	1.938,496
	3	0	1.938,496	1.940,801	1.940,803	1.943,108	609.680,570	1.943,108
Batu Bara	1	2	4.088,121	4.106,225	4.106,305	4.124,456	395.968,273	4.124,456
(0;1;391.862; 4.088,121)	2	3	4.124,456	4.142,653	4.142,733	4.160,977	400.110,973	4.160,977
	3	0	4.160,977	4.179,266	4.179,346	4.197,681	404.290,287	4.197,681
Padang Lawas Utara	1	2	4.892,335	4.937,429	4.937,844	4.983,271	246.818,692	4.983,268
(0;1;241.881; 4.892,335)	2	3	4.983,268	5.029,019	5.029,439	5.075,524	251.847,977	5.075,521
	3	0	5.075,521	5.121,931	5.122,355	5.169,100	256.970,175	5.169,097
Padang Lawas	1	2	5.639,262	5.698,141	5.698,755	5.758,125	251.390,529	
(0;1;245.692;	2	3	5.758,120	5.817,965	5.818,586	5.878,923	257.208,887	5.878,919
5.639,262)	3	0	5.878,919	5.939,732	5.940,361	6.001,668	263.149,016	6.001,664
Labuhan Batu Selatan	1	2	5.947,250	5.999,503	5.999,961	6.052,549	306.411,788	6.052,546
(0;1;300.412;	2	3	6.052,546	6.105,457	6.105,919	6.159,163	312.517,531	6.159,159
5.947,250)	3	0	6.159,159	6.212,725	6.213,190	6.267,088	318.730,544	6.267,085
Labuan Batu Utara	1	2	3.348,575	3.362,761	3.362,821	3.377,046	347.182,797	3.377,046
(0;1;343.820;	2	3	3.377,046	3.391,310	3.391,370	3.405,674	350.574,144	3.405,674
3.348,575)	3	0	3.405,674	3.420,017	3.420,077	3.434,459	353.994,198	3.434,459
Nias Utara	1	2	1.257,022	1.262,755	1.262,781	1.268,537	132.725,772	1.268,537
(0;1;131.463;	2	3	1.268,537	1.274,317	1.274,344	1.280,148	134.000,106	1.280,148
1.257,022)	3	0	1.280,148	1.285,975	1.286,002	1.291,853	135.286,099	1.291,853
Nias Barat	1	2	547,618	549,431	549,437	551,257	80.934,435	551,257
(0;1;80.385;	2	3	551,257	553,082	553,088	554,919	81.487,521	554,919
547,618)	3	0	554,919	556,755	556,761	558,604	82.044,281	558,604
Sibolga	1	2	333,411	334,040	334,041	334,670	86.141,040	334,670
(0;1;85.807;	2	3	334,670	335,301	335,303	335,934	86.476,342	335,934
333,411)	3	0	335,934	336,568	336,569	337,203	86.812,911	337,203
Tanjung Balai	1	2	2.151,197	2.164,619	2.164,702	2.178,198	164.618,673	2.178,198
(0;1;162.454;	2	3	2.178,198	2.191,767	2.191,851	2.205,494	166.810,494	2.205,493
2.151,197)	3	0	2.205,493	2.219,209	2.219,295	2.233,085	169.029,758	2.233,085
Pematang Siantar	1	2	2.008,443	2.016,014	2.016,043	2.023,638	244.829,033	2.023,638
(0;1;242.813;	2	3	2.023,638	2.031,254	2.031,283	2.038,923	246.860,305	2.038,923
2.008,443)	3	0	2.038,923	2.046,585	2.046,614	2.054,298	248.906,908	2.054,298
Tebing Tinggi	1	2	2.027,527	2.040,271	2.040,351	2.053,167	154.624,323	2053,167
(0;1;152.584;	2	3	2.053,167	2.066,052	2.066,133	2.079,091	156.690,428	2079,091
2027,527)	3	0	2.079,091	2.092,119	2.092,200	2.105,301	158.782,600	2105,301
Medan	1	2	5.400,577	5.389,689	5.389,711	5.378,801	2.176.066,696	5.378,801
(0;1;2.170.677;	2	3	5.378,801	5.367,870	5.367,893	5.356,941	2.181.434,575	5.356,941
5.400,577)	3	0	5.356,941	5.345,968	5.345,991	5.334,997	2.186.780,550	5.334,997
Binjai	1	2	3.065,761	3.082,250	3.082,339	3.098,897	261.101,306	3.098,897
(0;1;258.019;	2	3	3.098,897	3.115,523	3.115,612	3.132,307	264.216,885	3.132,307

Kab/Kota (r; t_r; P_n;P'))	r_n	t_r	k_1	k_2	k_3	k_4	P_n	P'
3.065,761)	3	0	3.132,307	3.149,070	3.149,160	3.165,992	267.366,011	3.165,992
Padang Sidimpuan	1	2	3.030,238	3.051,185	3.051,330	3.072,398	206.197,278	3.072,397
(0;1;203.146;	2	3	3.072,397	3.093,585	3.093,731	3.115,042	209.290,956	3.115,041
3.030,238)	3	0	3.115,041	3.136,471	3.136,619	3.158,172	212.427,522	3.158,171
Gunung Sitoli	1	2	1.771,692	1.782,996	1.783,068	1.794,437	134.175,043	1.794,437
(0;1;132.392;	2	3	1.794,437	1.805,871	1.805,943	1.817,443	135.980,961	1.817,443
1.771,692)	3	0	1.817,443	1.829,008	1.829,081	1.840,713	137.810,017	1.840,713

Setelah nilai-nilai solusi awal diperoleh, nilai-nilai $f_r, f_{r-1}, f_{r-2}, f_{r-3}$ dengan $r = 3,4,\dots,n$, Perhitungan untuk Kabupaten Nias dilakukan dengan mensubstitusikan pada persamaan 6, maka diperoleh sebagai berikut untuk untuk $r = 3$, $f_r = f_3(t_3, P_3) = f_3(3; 143.886{,}448) = 2.054{,}780$, $f_{r-1} = f_2(t_2, P_2) = f_2(2; 141.845{,}545) = 2.027{,}082$, $f_{r-2} = f_1(t_1, P_1) = f_1(1; 139.832{,}173) = 1.999{,}717$, dan $f_{r-3} = f_0(t_0, P_0) = f_0(0; 137.846) = 1.972{,}682$. Dengan demikian akan diperoleh Tabel 2 kolom P' dengan h = 1.

Untuk menghitung nilai prediksi untuk Kabupaten Nias, nilai $f_r(x_r, y_r)$ disubstitusikan ke persamaan Adams-Bashforth, dengan r = 3, $P_3 = 143.886{,}448$, kemudian mencari nilai P_4 dengan $t_{r+1} = t_r + h, t_4 = t_3 + h = 3 + 1 = 4$ dimana

$$P_{r+1}^{(0)} = P_r + \frac{h}{24}(55f_r - 59f_{r-1} + 37f_{r-2} - 9f_{r-3})$$

$$P_{3+1}^{(0)} = P_3 + \frac{h}{24}(55f_3 - 59f_2 + 37f_1 - 9f_0) = 145.955{,}216875.$$

Tabel 1 kolom Adams Bashfort menunjukkan solusi numerik Adams-Bashfort untuk setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Utara. Selanjutnya mencari nilai $f_{r+1}^{(0)}$ yang telah didapatkan disubstitusikan ke persamaan Adams-Moulton, Kemudian, hitung galat relatifnya dan bandingkan kriteria pemberhentiannya. Misalkan untuk kabupaten Nias :

$$f_4^{(0)}(t_4, P_4^{(0)}) = f_4(4; 145.955{,}216875) = 0{,}015\left(1 - \frac{145.955{,}216875}{3.000.000}\right)145.955{,}216875 = 2.082{,}813626$$

Sedangkan untuk $r = 3, t_4 = 4\ dan\ P_3 = 143.886{,}448$

$$P_{3+1}^{(1)} = P_3 + \frac{h}{24}\left(f_1 - 5f_2 + 19f_3 + 9f_4^{(0)}\right)$$

$$P_4^{(1)} = 143.886{,}448 + \frac{1}{24}\left(1.999{,}717 - 5(2.027{,}082) + 19(2.054{,}780) + 9(2.082{,}814)\right) = 145.955{,}216725$$

Jika perhitungan ini diterapkan pada kabupaten lain maka akan diperoleh tabel 1 kolom Adams-Moulton. Kemudian perhitungan galat relatifnya dan dibandingkan dengan kriteria pemberhentian $\varepsilon = 5 \times 10^{-7}$, untuk Kabupaten Nias:

$$\frac{\left|P_4^{(1)} - P_4^{(0)}\right|}{\left|P_4^{(1)}\right|} = \frac{|145.955{,}216725 - 145.955{,}216875|}{|145.955{,}216725|} = 9{,}5920 \times 10^{-10}$$

dari hasil tersebut terlihat bahwa galat relatif lebih kecil dari kriteria pemberhentian $\varepsilon = 5 \times 10^{-7}$. Setelah beberapa kali iterasi dengan error yang semakin kecil, proses perhitungan menggunakan metode Adams-Bashforth-Moulton dihentikan pada iterasi ke-15. Rincian lengkap solusi numerik metode Adams-Bashforth untuk setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Utara terdapat dalam Tabel 1 kolom Galat Relatif. Berdasarkan informasi di Lampiran VI untuk setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Utara telah memenuhi kriteria pemberhentian $\varepsilon = 5 \times 10^{-7}$.

Dapat dilihat perbandingan prediksi jumlah penduduk di Kabupaten/Kota Provinsi Sumatera Utara dari model Verhulst menggunakan metode Adam Bashforth-Moulton orde-4 dengan data yang sebenarnya mulai pada $t = 4$ sampai $n = 8$ maka prediksi jumlah penduduk setiap kabupaten pada tahun 2023 ditunjukkan pada pada tabel 3

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Tabel 3 Prediksi Jumlah Penduduk Setiap kabupaten Tahun 2023

Kab/kota	$T_r = 10; h = 1$		Data (Ribu)
	$P_r^{(0)}$	P_r	
Nias	158.972,076958	158.972,076789	153.658
Mandailing Natal	463.033,367792	463.033,367072	496.975
Tapanuli Selatan	291.435,137500	291.435,138723	312.540
Tapanuli Tengah	406.971,831456	406.971,831792	386.895
Tapanuli Utara	309.967,202750	309.967,203191	323.102
Toba	187.714,090958	187.714,088853	213.850
Labuhan Batu	525.934,854292	525.934,854771	513.826
Asahan	747.434,665833	747.434,664856	802.563
Simalungun	881.223,702792	881.223,702324	1.035.920
Dairi	291.414,320583	291.414,321825	324.747
Karo	442.371,555583	442.371,556758	420.799
Deli Serdang	2.092.034,570375	2.092.034,569819	2.018.164
Langkat	1.057.826,077250	1.057.826,077125	1.066.711
Nias Selatan	332.826,232500	332.826,232045	382.539
Humbang Hasundutan	198.406,207875	198.406,209325	204.700
Pakpak Barat	53.597,731750	53.597,733006	55.172
Samosir	128.458,270083	128.458,270385	141.333
Serdang Bedagai	623.395,401125	623.395,401564	682.918
Batu Bara	434.585,700708	434.585,700889	430.533
Padang Lawas Utara	295.538,675792	295.538,675318	275.448
Padang Lawas	308.303,359042	308.303,358529	275.648
Labuhan Batu Selatan	365.334,041333	365.334,041529	330.797
Labuhan Batu Utara	378.751,393500	378.751,395148	401.863
Nias Utara	144.622,562958	144.622,563587	155.873
Nias Barat	86.046,396042	86.046,398222	95.334
Sibolga	89.204,723458	89.204,722677	91.265
Tanjung Balai	185.358,222583	185.358,222328	183.170
Pematang Siantar	263.669,983083	263.669,981684	274.838
Tebing Tinggi	174.182,082708	174.182,082071	178.914
Medan	2.223.582,587792	2.223.582,587310	2.474.166
Binjai	290.372,279958	290.372,279224	303.272
Padang Sidempuan	235.625,591583	235.625,591169	236.217
Gunung Sitoli	151.283,775250	151.283,775954	142.890

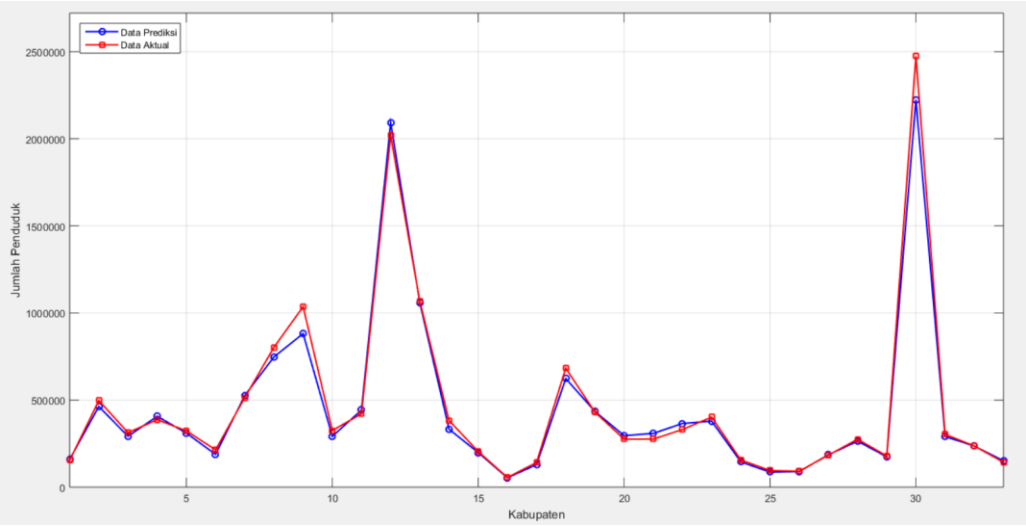
Berdasarkan hasil prediksi jumlah penduduk di beberapa kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara, sebagian besar menunjukkan kesesuaian yang baik antara prediksi dan data aktual, seperti di Kabupaten Nias dan Mandailing Natal. Namun, ada deviasi signifikan di kabupaten lain, seperti Tapanuli Selatan, Toba, Labuhan Batu, dan Deli Serdang, terutama pada tahun-tahun setelah 2017. Beberapa kabupaten mengalami pertumbuhan populasi yang lebih cepat dari yang diprediksi, sementara kabupaten seperti Nias Barat dan Pakpak Bharat menunjukkan populasi yang lebih rendah dari prediksi. Meskipun metode Adams-Bashforth-Moulton umumnya akurat, perlu ada pemantauan dan pengelolaan untuk kabupaten dengan deviasi besar.

Jika dilakukan evaluasi prediksi menggunakan MAPE, diperoleh nilai MAPE dapat dihitung untuk mengetahui keakuratan hasil prediksi, di mana y adalah data aktual dan y' adalah data hasil prediksi.

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum \left|\frac{y - y'}{y}\right| \times 100\% \quad (7)$$

Prediksi jumlah penduduk di 33 kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara dilakukan dengan menggunakan metode Adams-Bashforth-Moulton, yang dievaluasi melalui *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebagai ukuran akurasi prediksi. MAPE berfungsi untuk menilai sejauh mana metode ini dapat menggambarkan hubungan antar variabel dan memberikan estimasi yang

tepat. Nilai MAPE yang rendah mengindikasikan bahwa metode ini memiliki tingkat error prediksi yang kecil, sehingga lebih efektif dalam memproyeksikan jumlah penduduk yang diperoleh menghasilkan MAPE Total: 6,157833333333%. Nilai tersebut menunjukkan prediksi menggunakan metode Adams-Bashforth-Moulton menghasilkan nilai MAPE sebesar 6,1578%, yang berada di bawah 10%, menunjukkan akurasi yang baik. Dengan demikian, metode ini terbukti dapat diandalkan untuk memprediksi jumlah penduduk dengan tingkat akurasi yang memadai, bahkan sangat baik. Hasil plotting jumlah penduduk terhadap prediksi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1 Plot Perbandingan Prediksi dan Jumlah Penduduk Aktual dengan Metode Adams-Bashforth-Moulton

Hasil plot perbandingan jumlah penduduk aktual dan prediksi dapat dilihat pada Gambar 2 Garis biru mewakili prediksi jumlah penduduk menggunakan metode Adams-Bashforth-Moulton, sementara garis merah menunjukkan data jumlah penduduk yang sebenarnya. Selisih antara kedua grafik cukup kecil dan mendekati data aktual, dengan nilai MAPE sebesar 6,1578%, yang mengindikasikan bahwa metode Adams-Bashforth-Moulton ini efektif dan memiliki tingkat akurasi yang baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa metode Adams-Bashforth-Moulton efektif dalam memprediksi pertumbuhan penduduk di Kabupaten/Kota Provinsi Sumatera Utara dengan tingkat akurasi yang sangat baik. Prediksi ini, yang menggunakan data populasi dari tahun 2013 hingga 2023, menunjukkan peningkatan jumlah penduduk setiap tahunnya selama periode proyeksi 2024 hingga 2028, dengan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 6,1578%, yang memenuhi kriteria peramalan yang sangat baik. Proses iterasi yang diterapkan dengan kriteria pemberhentian $\varepsilon = 5 \times 10^{-7}$ menjamin hasil prediksi yang stabil dan akurat. Beberapa daerah, seperti Kabupaten Nias dan Mandailing Natal, menunjukkan kesesuaian yang tinggi antara prediksi dan data aktual, terutama pada tahun 2017, dengan deviasi yang sangat kecil. Namun, wilayah lain seperti Tapanuli Selatan, Labuhan Batu, dan Deli Serdang mengalami deviasi yang lebih besar pada tahun-tahun berikutnya, mengindikasikan pertumbuhan populasi yang lebih cepat dari yang diperkirakan. Sebaliknya, daerah seperti Nias Barat dan Pakpak Bharat memiliki populasi yang lebih rendah dibandingkan dengan prediksi, sehingga tidak menghadapi risiko kelebihan kapasitas dalam waktu dekat. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar model prediksi disempurnakan

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

dengan mempertimbangkan faktor eksternal, seperti kebijakan ekonomi dan perubahan sosial, guna meningkatkan akurasi prediksi, serta penggunaan perangkat lunak terbaru dan perluasan periode analisis untuk memberikan wawasan yang lebih komprehensif bagi perencanaan pembangunan dan pengelolaan kependudukan di masa mendatang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Arnah Ritonga, M.Si. selaku dosen pembimbing skripsi dan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam membimbing dan mengarahkan baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga karya ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik. Kiranya karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembacanya.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, A. (2019). *Pemodelan Matematika Dengan Menggunakan Persamaan Diferensial Pada Pertumbuhan Penduduk di Indonesia*. *Prosiding Sendika*, *5*(2).

Apriadi, B. P., & Noviani, E. (2014). Metode Adams-Bashforth-Moulton dalam Penyelesaian Persamaan Diferensial Non Linear. *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, *3*(02).

Apriani, D., Wasono, W., & Huda, M. N. (2022). Penerapan Metode Adams-Bashforth-Moulton pada Persamaan Logistik Dalam Memprediksi Pertumbuhan Penduduk di Provinsi Kalimantan Timur. *EKSPONENSIAL*, *13*(2), 95-102.

Arikunto. 2006. Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek. Jakarta: PT. Rineka Cipta

Bahri, Z. (2012). Aplikasi Program Matlab Pada Perhitungan Beda Tinggi Muka Air Terhadap Berat Dan Sudut Kemiringan Pintu Air Otomatis Tipe Segiempat. *Berkala Teknik*, *2*(4), 256-268.

Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2010). *Numerical methods for engineers*. McGraw-Hill Higher Education.

Dafia Firdaus. (n.d.). *Kombinasi Kestabilan Rungge-Kutta dan Metode Prediktor Korektor Adams Pada Penyelesaian Persamaan Diferensial Biasa.* Receachgate.

Hanafi, L., Kamiran, K., Sadjidon, S., & Prasetyo, R. E. (2024). Aplikasi Metode Adams-Bashforth-Moulton Model Verhulst Pada Hasil Panen Padi di Kabupaten Jombang. *Limits: Journal of Mathematics and Its Applications*, *21*(1), 43-52.

Hanifah, I. N. (2013). *Analisis Model Getaran Pegas Teredam dengan Metode Adams-Basforth-Moulton dan Runge-Kutta*.

Hartanti, W., Lubis, S. N., & Butar-Butar, H. (2013). Dampak pertambahan penduduk, akses pangan dan usaha pengentasan kemiskinan terhadap jumlah penduduk miskin di Sumatera Utara. *Journal of Agriculture and Agribusiness Socioeconomics*, *2*(5), 15063.

Hendajani, F., Wardhani, I. P., Widayati, S., & Soegijanto, S. (2022). Data Analisis Permintaan Barang dengan Metode Peramalan. *EKOMABIS: Jurnal Ekonomi Manajemen Bisnis*, *3*(02), 169-180.

Iswanto, A. H., Febrianto, F., Hadi, Y. S., Ruhendi, S., & Hermawan, D. (2012). Physical and mechanical properties of particleboard made from jatropha (Jatropha curcas) fruit hulls reinforced with wood particle. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, *10*(2), 103-111.

Lasut, L. G. (2019). Analisis Aliran Berubah Lambat laun di Saluran Terbuka dengan Metode Adams-Bashforth-Moulton. *JURNAL ILMIAH MEDIA ENGINEERING*, *9*(1).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Nabilla, S., & Rakhmawati, F. (2023). Implementasi Metode Adams Bashforth Moulton pada Persamaan Logistik Biner untuk Menganalisis Prediksi Tingkat Pertumbuhan Ekonomi. *Jurnal Pendidikan Matematika: Judika Education*, *6*(2), 149-164.

Ningsih, Y. L., & Rohana, R. (2018). Pemahaman Mahasiswa Terhadap Persamaan Diferensial Biasa Berdasarkan Teori APOS. *JPPM (Jurnal Penelitian dan Pembelajaran Matematika)*, *11*(1).

Nuraeni, Z. (2017). Aplikasi persamaan diferensial dalam estimasi jumlah populasi. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, *5*(1), 9-16.

Nurhayati, S. S. Y. (2015). *Metode Adams Bashforth Moulton pada penyelesaian model osilasi vertikal dawai* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).

Mantra dan Kasto. 1989. Penelitian Sampel dalam Masari Singarimbun dan Sofyan Effendi. Metode Penelitian Survei. Yogyakarta: LP3ES

Maulana, M., Tursina, T., & Septiriana, R. (2023). Prediksi Jumlah Penduduk menggunakan Metode Fuzzy Time Series. *Jurnal Impresi Indonesia*, *2*(3), 206-216.

Munir, R. (2003). Metode numerik. *Informatika, Bandung*.

Munir, R. (2021). *Metode Numerik Revisi kelima*.

Pinem, M. (2014). ANALISIS PERTUMBUHAN DAN PERSEBARAN PENDUDUK PROVINSI SUMATERA UTARA BERDASARKAN HASIL SENSUS PENDUDUK TAHUN.

Putri, S. R., Noviani, E., & Yudhi, Y. *Prediksi Jumlah Penduduk dengan Persamaan Logistik Menggunakan Metode Adamas-Bashfort-Moulton* (Studi Kasus: Kalimantan Barat). *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, *11*(1).

Redjeki P, Sri. "Persamaan Diferensial". Diktak Kuliah MA2271 Metode Matematika di Prodi Matematika Institut Teknologi Bandung. 2011

Rosiyanti, R., & Suwali, S. (2022). Aplikasi model Pertumbuhan Logistik Dalam Menentukan Proyeksi Penduduk Di Kabupaten Banyumas. Perwira Journal of Science & Engineering, 2(2), 28-36.

Sarwono, Sarlito. 1992. Psikologi Lingkungan. Jakarta: Gramedia.

Sari, F. M., & Yundari, H. (2017). PENYELESAIAN NUMERIK PERSAMAAN DIFERENSIAL LINEAR HOMOGEN DENGAN KOEFISIEN KONSTAN MENGGUNAKAN METODE ADAMS BASHFORTH MOULTON. *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, *3*(02).

Seruni, D. S., Furqon, M. T., & Wihandika, R. C. (2020). Sistem Prediksi Pertumbuhan Jumlah Penduduk Kota Malang menggunakan Metode K-Nearest Neighbor Regression. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, 4(4), 1075-1082.

Side, S., & Zaki, A. (2022). Numerical Solution of the Mathematical Model of DHF Spread using the Runge-Kutta Fourth Order Method. ARRUS Journal of Mathematics and Applied Science, 2(2), 92-100.

Wardani, I. T., & Rahma, T. I. F. (2023). Pengaruh Kepadatan Penduduk Ddn Keseimbangan Pangan terhadap Kesejahteraan Masyarakat di Provinsi Sumatera Utara. Jurnal Masharif Al-Syariah: Jurnal Ekonomi dan Perbankan Syariah, 8(1).

Wilda Mahmudah, M. S. dan M. R. M. Si. (2021). Persamaan Differensial Biasa Dan Aplikasinya. CV Budi Utama.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Efektivitas Model Pembelajaran *Discovery Learning* Terhadap Kemampuan Literasi Numerasi Siswa Kelas VII Di UPT SMP Negeri 37 Medan

Bernice Nathania Telaumbanua
Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author:bernice.nathania.tel@mhs.unimed.ac.id*

Abstrak, penelitian ini bertujuan untuk mengenali efektivitas dan konsekuensi model pembelajaran Discovery Learning terhadap kemampuan literasi numerasi siswa di kelas VII UPT SMP Negeri 37 Medan. Metode yang diaplikasikan terhadap penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang berorientasi pada desain penelitian quasi eksperimen (eksperimen semu). Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas VII di UPT SMP Negeri 37 Medan T.A 2024/2025. Sampel dalam penelitian ini adalah siswa kelas VII-C dan VII-D di UPT SMP Negeri 37 Medan T.A 2024/2025 yang masing-masing beranggotakan 30 anak yang dipilih dengan memanfaatkan teknik cluster random sampling. Teknik analisis data yang diterapkan adalah uji prasyarat analisis dan uji hipotesis dengan Independent Sampel T-Test dan uji N-Gain. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah (1) analisis data dengan Independent Sampel T-Test, nilai $t_{hitung} = 4{,}140$ dan $t_{tabel} = 1{,}67155$ maka $t_{hitung} > t_{tabel} = 4{,}140 > 1{,}67155$ dengan nilai $Sig < \alpha$ yaitu $0{,}000 < 0{,}05$, sehingga H_0 ditolak dan H_a diterima, maka terdapat perbedaan kemampuan literasi numerasi siswa antara model pembelajaran Discovery Learning dengan model pembelajaran konvensional; (2) analisis data dengan N-Gain diperoleh rata-rata persentase N-Gain skor pada kelas eksperimen dengan pola pembelajaran Discovery Learning sebesar 61,6% yang berada pada kategori cukup efektif dan kelas kontrol dengan pola pembelajaran konvensional sebesar 12% yang berada pada kategori tidak efektif.
Kata kunci: *Discovery Learning, Kemampuan Literasi Numerasi*

Abstract, *this study aims to determine the effectiveness and influence of the Discovery Learning model on the numeracy literacy ability of students in grade VII UPT SMP Negeri 37 Medan. The method used in this study is a quantitative research oriented to the design of quasi-experimental research. The population in this study is all grade VII students at UPT SMP Negeri 37 Medan T.A 2024/2025. The sample in this study is students in grades VII-C and VII-D at UPT SMP Negeri 37 Medan T.A 2024/2025 which each consists of 30 students who are selected using the cluster random sampling technique. The data analysis technique used are analysis prerequisite tests and hypothesis tests with independent sample T-test and N-Gain test. The results obtained in this study are (1) data analysis with independent sample T-test, value* $t_{hitung} = 4{,}140$ *and* $t_{tabel} = 1{,}67155$ *then* $t_{hitung} > t_{tabel} = 4{,}140 > 1{,}67155$ *with a* $Sig < \alpha$ *value of* $0{,}000 < 0{,}05$*, so that* H_0 *rejected and* H_a *accepted, there is a difference in students numeracy literacy skills between the Discovery Learning model and the conventional learning model; (2) data analysis with N-Gain obtained an average percentage of N-Gain scores in the experimental class with the Discovery Learning model of 61,6% which is in the category of moderately effective and the control class with the conventional learning model of 12% which is in the category of ineffective.*
Keywords*: Discovery Learning, Numeracy Literacy Ability*

Citation : Talaumbanua, B. N. (2024). Efektivitas Model Pembelajaran Discovery Learning Terhadap Kemampuan Literasi Numerasi Siswa Kelas VII Di UPT SMP Negeri 37 Medan. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 715 – 720

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

PENDAHULUAN

Pendidikan adalah prosedur yang dipakai guna memperbaiki, mengoptimalkan, serta penyempurnaan terhadap seluruh kecakapan manusia (Agustin *et al.*, 2023). Pendidikan merupakan proses yang di dalamnya terdapat tindakan yang terencana bagi siswa agar memperoleh hasil yang diinginkan, sesuai dengan sasaran umum pendidikan yang telah ditetapkan. Matematika memiliki hubungan yang kuat dengan pemikiran-pemikiran abstrak yang diatur secara berjenjang dan mengikuti logika deduktif. Pada Bahwa Peraturan Menteri Pendidkan Nasional No.22 Tahun 2006 : 345 dinyatakan : "Matematika adalah pengetahuan yang bersifat umum dan asas bagi kemajuan teknologi modern, memegang peranan penting dalam segala disiplin ilmu serta mengoptimalkan potensi berpikir manusia. Kemajuan pesat dalam bidang teknologi data dan komunikasi era ini didukung oleh kemajuan matematika dalam bidang teori bilangan, aljabar, analisis, teori probabilitas, dan matematika diskrit. Penguasaan terhadap matematika yang kuat sejak usia dini sangatlah diperlukan agar mampu mengembangkan dan menguasai teknologi di masa depan."

Pernyataan Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia menekankan bahwa dalam pendidikan abad ke-21, potensi membaca dan memahami teks, keterampilan pengetahuan, keterampilan praktis, sikap, serta keterampilan dalam menggunakan teknologi sangatlah penting, sesuai dengan ketetapan Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia (Aisyah, 2021). Salvia *et* al. (2022) menjelaskan bahwa potensi pengetahuan perhitungan amat vital dalam matematika sebab bukan hanya mengikutsertakan penggunaan rumus, tetapi juga memerlukan keterampilan berpikir kritis dan analitis untuk mengatasi berbagai tantangan. Numerasi merupakan potensi siswa dalam menerapkan pengetahuan matematika untuk menuntaskan berbagai situasi permasalahan dalam hidup sehari-hari (Feriyanto, 2022). Dengan kata lain, literasi numerasi merupakan potensi untuk menyelesaikan persoalan dalam hidup sehari-hari dengan memakai dasar pengetahuan matematika, yang kemudian dianalisis dan disajikan dalam berbagai format atau wujud seperti diagram, tabel, atau grafik untuk mengambil keputusan akhir.

Dalam menghadapi abad 21 potensi berliterasi sangatlah penting (Ulfa & Oktaviana, 2021). Hal ini diperkuat dari pernyataan Yustinaningrum (2021) bahwa literasi numerasi menjadi salah satu yang sangat mendesak. Akan tetapi, pentingnya literasi numerasi tidak dibarengi bersama potensi siswa dalam literasi numerasi. Kemampuan literasi numerasi siswa dipengaruhi oleh berbagai pertimbangan, termasuk pertimbangan individual, pertimbangan pengajaran, dan pertimbangan lingkungan. Model belajar merupakan bagian krusial saat keberlangsungan pembelajaran dan tidak bisa dipisahkan dalam perangkan pembelajaran. Joyce (dalam Al-Tabany, 2017: 23), metode pengajaran adalah sebuah rancangan atau pola yang berfungsi sebagai panduan dalam menyusun keberlangsungan pengajaran di kelas serta menentukan alat-alat pembelajaran yang akan diterapkan. Model juga memainkan peran penting dalam menentukan bagaimana interaksi terjadi antara pengajar dan siswa. Penggunaan model pembelajaran yang akurat dapat mengasah potensi serta antusiasme siswa dalam belajar.

MZ (2021) mengemukakan bahwa model *Discovery Learning* menekankan partisipasi aktif siswa selama pembelajaran untuk menemukan konsep baru, dengan dukungan dari guru atau media pembelajaran yang ada. Vatmala (2020) menyatakan bahwa *discovery – based learning* merupakan model pengajaran yang memaksa siswa untuk belajar secara independen dan aktif guna mampu mengidentifikasi konsep dan hubungan yang belum mereka ketahui sebelumnya. Menurut Sunarto & Amalia (2022), model *Discovery Learning* adalah taktik yang memerlukan siswa agar mengimajinasikan sesuatu dengan jalan kritis dalam menyelesaikan masalah, terlibat aktif dalam

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

kegiatan belajar, menemukan materi secara mandiri, dan mengoptimalkan kreativitas mereka, sementara peran guru lebih berfungsi sebagai fasilitator. Dengan demikian, model ini mengarahkan siswa untuk secara mandiri menemukan data dan konsep dari materi pelajaran sesuai dengan potensi mereka. Menurut Dari & Ahmad (2020), indikator model pengajaran *Discovery Learning* adalah *stimulation* (pemberian rangsangan), *problem statement* (identifikasi masalah), *data collection* (mengoleksi data), *data processing* (penggarapan data), *verification* (konfirmasi), dan *generalization* (menarik kesimpulan).

Dari hasil tes diagnostik yang diperoleh, maka dapat diketahui bahwa potensi literasi numerasi siswa kelas VII di UPT SMP Negeri 37 Medan masih terhitung rendah. Analisis kesalahan yang dibuat siswa dalam pengerjaan soal atau tes diagnostik mengindikasikan bahwa siswa belum memenuhi tiga indikator dari kemampuan literasi numerasi. Temuan ini juga disokong oleh wawancara bersama guru matematika di UPT SMP Negeri 37 Medan, yang mengungkapkan dimana potensi literasi numerasi siswa di sekolah tersebut masih tergolong rendah. Guru-guru matematika mengutarakan bahwa rendahnya potensi keterampilan matematika disebabkan oleh kurangnya minat dan keterlibatan siswa selama pembelajaran. Selain itu, model pengajaran yang diberikan masih monoton, dimana perolehan data atau materi pembelajaran masih sepenuhnya berasal dari guru.

Sehingga untuk mengatasi rendahnya kemampuan literasi numerasi, maka peneliti merasa perlu menggunakan sebuah taktik pembelajaran yang lebih sesuai dan lebih melimpah mengikutsertakan siswa selama keberlangsungan pembelajaran. Taktik pembelajaran yang lebih efektif mengikutsertakan siswa secara aktif sepanjang kegiatan. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk (1) Melihat dan mengetahui efektivitas model pembelajaran *Discovery Learning* terhadap kemampuan literasi numerasi siswa; dan (2) Mengetahui adanya perbedaan kemampuan literasi numerasi siswa antara model pembelajaran *Discovery Learning* dengan model pembelajaran konvensional.

METODE PENELITIAN

Penelitian dijalankan di UPT SMP Negeri 37 Medan dengan populasi yang digunakan adalah segenap siswa kelas VII di UPT SMP Negeri 37 Medan T.A. 2024/2025 yang terdiri dari 8 kelas dengan jumlah siswa kelas VII secara keseluruhan adalah 240 siswa. Sampel dalam kajian ini ditentukan dengan memanfaatkan teknik *cluster random sampling.* Sampel yang diambil adalah siswa kelas VII-C dan VII-D di UPT SMP Negeri 37 Medan T.A. 2024/2025 yang masing-masing beranggotakan 30 orang siswa. Penelitian menerapkan metode kuantitatif yang berorientasi atas desain penelitian *Quasi Eksperimental* (eksperimen semu). Desain penelitian yang dipakai adalah *pretest-posttest, non-equivalent control group design*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data kemampuan literasi numerasi siswa pada kajian ini didapat dari hasil soal *pre-test* dan *post-test* yang disampaikan kepada siswa pada masing-masing bagian yakni kelas kontrol dan kelas eksperimen. Berikut adalah hasil dari jawaban *pre-test* dan *post-test* siswa pada kedua kelas:

Rata-rata skor tes akhir kelas eksperimen adalah 13,60, sementara di kelas kontrol adalah 7,00. Hasil ini menerangkan adanya peningkatan dalam keterampilan pembelajaran perhitungan siswa dari sebelum hingga setelah perlakuan. Rataan peningkatan di kelas eksperimen dengan pola *Discovery Learning* adalah 9,67, sedangkan di kelas kontrol memakai model konvensional hanya, 1,47. Ini memvalidasi bahwasannya metode *Discovery Learning* menghadirkan dampak positif

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

terhadap kemampuan literasi numerasi siswa. Dampak yang serupa juga tampak pada kajian yang dilakukan oleh Kusumadewi *et al.* (2019) dimana hasil analisis memaparkan bahwa potensi literasi matematika dengan menerapkan model pembelajaran *Discovery Learning* lebih unggul dibandingkan dengan kelas yang menerapkan model pembelajaran *teacher centered.* Model pembelajaran *Discovery Learning* ditaksir lebih efektif dalam meningkatkan potensi literasi numerasi siswa (Sihombing *et al.*, 2023). Hal ini dapat diamati dari perolehan peningkatan rata-rata hasil *pre-test* dan *post-test* siswa.

Tabel 1. Data *Pre-Test* dan *Post-Test* Kemampuan Literasi Numerasi Siswa

Data	Kelas Eksperimen		Kelas Kontrol	
	Pre-test	***Post-test***	***Pre-test***	***Post-test***
Banyak Data	30	30	30	30
Mean	3,93	13,60	5,53	7,00
Standar Deviasi	3,40	5,66	4,34	6,65
Skor Minimum	0	0	0	0
Skor Maksimum	11	20	15	19
Total Skor	118	408	166	210
Peningkatan Rata-Rata	9,67		1,47	

Indikator dari potensi literasi numerasi menurut Han (dalam Salvia *et al.*, 2022) adalah; (1) Memanfaatkan beragam bilangan dan tanda terkait matematika dasar untuk menemukan solusi masalah dalam berbagai konteks hidup keseharian; (2) Menelaah informasi yang dipamerkan dalam beragam rupa (grafik, tabel, bagan, diagram, dan sebagainya); dan (3) Merumuskan hasil investigasi untuk menampung kesimpulan. Sebaran potensi literasi numerasi siswa berdasarkan masing-masing indikator dari kemampuan liteasi numerasi tampak pada tabel ini.

Tabel 2. Hasil Kemampuan Literasi Numerasi Siswa Pada Setiap Indikator

Indikator	Rata-rata Presentase Kemampuan Literasi Numerasi Siswa Kelas Eksperimen		Siswa Kelas Kontrol	
	Pre-Test	*Post-Test*	*Pre-Test*	*Post-Test*
Memanfaatkan beragam bilangan dan tanda yang terkait matematika dasar untuk menemukan solusi masalah dalam beragam konteks hidup keseharian	25,83%	66,67%	19,17%	28,33%
Menelaah informasi yang dipamerkan dalam beragam rupa (grafik, tabel, bagan, diagram, dan sebagainya)	21,94%	71,67%	33,33%	36,67%
Merumuskan hasil investigasi untuk menampung sebuah keputusan	6,67%	58,33%	19,17%	36,67%

Tabel 2 menunjukkan indikator yang paling unggul adalah indikator kedua yakni indikator mengolah dan menyajikan data pada bermacam-macam wujud (tabel, diagram, bagan dan sebagainya). Terlihat bahwa siswa cukup mahir untuk menelaah informasi yang dipaparkan dalam beragam rupa. Hasil serupa juga ditunjukkan dalam penelitian Agustin & Winanto (2023) dimana nilai *post-test* secara umum menunjukkan sebagian besar siswa terampil dalam menganalisis informasi yang disajikan dalam bentuk diagram dan tabel. Siswa merespons masalah dengan langkah menuliskan hal-hal yang diketahui dan ditanya pada soal (Kusumadewi *et al.*, 2019). Sedangkan, indikator terendah adalah indikator ketiga yakni merumuskan hasil inverstigasi untuk menampung sebuah keputusan, dimana hasil ini juga dijumpai pada hasil penelitian Agustin & Winanto (2023).

Berdasarkan perolehan uji hipotesis yang dilaksanakan memanfaatkan uji *Independent Sample T-Test* diperoleh nilai $t_{hitung} = 4{,}140$ dan $t_{tabel} = 1{,}67155$ serta nilai *Sig* = 0,000 dengan $\alpha = 0{,}05$. Dapat dilihat bahwa nilai dari $t_{hitung} > t_{tabel} = 4{,}140 > 1{,}67155$ dan nilai $Sig < \alpha = 0{,}000 < 0{,}05$. Akibatnya, H_0 ditolak dan H_a diterima. Penolakan terhadap H_0 atau diterimanya H_a berarti terdapat kontras kemampuan literasi numerasi siswa antara model pembelajaran *Discovery Learning* dengan model pembelajaran konvensional. Hasil uji N-Gain, diperoleh nilai rata-rata

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

persentase N-Gain skor kelas eksperimen adalah 61,6% dan kelas kontrol adalah 12%. Rataan persentase N-Gain skor kelas eksperimen terletak pada kategori cukup efektif yaitu pada rentang $55 < g \leq 75$. Sebaliknya, rataan persentase kelas kontrol termasuk pada kriteria tidak efektif yaitu pada rentang $g < 40$. Hal ini berarti *Discovery Learning* cukup efektif kepada potensi literasi numerasi siswa. Namun, pembelajaran konvensional tidak efektif kepada potensi literasi numerasi siswa.

Berlandaskan penelitian yang dilakukan bahwa terdapat beberapa hambatan yang menjadikan model pembelajaran *Discovery Learning* tidak optimal atau hanya berada pada kategori cukup efektif terhadap kemampuan literasi numerasi. Hambatan yang muncul adalah pada saat pembelajaran berkelompok dilakukan terdapat beberapa siswa yang memanfaatkan hal tersebut untuk bercerita dengan teman sekelompoknya sehingga permasalahan yang diberikan tidak dapat dimengerti dan tidak mampu diakhiri dengan baik. Lainnya, terdapat beberapa siswa yang menyatakan bahwa kurang menyukai sistem belajar kelompok. Dengan demikian diindikasikan terdapat model pembelajaran lain yang lebih efektif terhadap kemampuan literasi numerasi siswa. Untuk mengatasi hambatan tersebut, peneliti melakukan pertukaran anggota kelompok pada setiap pertemuan sehingga siswa tidak merasa bosan dengan anggota kelompok yang tetap dan dapat berinteraksi dengan teman yang berbeda pada setiap pertemuan. Namun, dilihat dari sisi lainnya terdapat beberapa hal positif yang menunjang efektivitas model pembelajaran *Discovery Learning* terhadap kemampuan literasi numerasi yakni siswa dapat berbagi (*sharing*) pengetahuan, pengalaman dan pemahaman yang telah dimilikinya kepada teman, serta siswa dapat lebih leluasa dalam mencaritahu dan memahami konsep dari materi yang dipelajari.

KESIMPULAN

Mengacu dengan temuan pada penelitian dijelaskan di bab sebelumnya, kesimpulannya yakni Penggunaan model pembelajaran *Discovery Learnig* cukup efektif atas potensi literasi numerasi siswa kelas VII di UPT SMP Negeri 37 Medan. Hal tersebut terbukti dari hasil rataan N-Gain skor persen dari kelas eksperimen yang disampaikan dengan perlakuan model tersebut sebesar 61,6% yang tergolong cukup efektif. Sementara, hasil rataan N-Gain skor persen dari kelas kontrol bersama perlakuan model pembelajaran konvensional sebesar 12% yang dikategorikan sebagai tidak efektif. Kemudian terdapat pengaruh dan perbedaan kemampuan literasi numerasi siswa antara pola pembelajaran *Discovery Learning* dengan pola pembelajaran konvensional. Mengenai ini tergambarkan dari uji T yang dilakukan, dimana diperoleh nilai $t_{hitung} > t_{tabel} = 4{,}140 > 1{,}67155$ dengan nilai $Sig < \alpha = 0{,}000 < 0{,}05$. Sehingga, H_0 ditolak dan H_a diterima.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengutarakan syukur terhadap Tuhan Yesus, dosen pembimbing dan penguji serta setiap pihak yang membantu dalam menyelesaikan penulisan artikel ini. Hal ini juga terikat dengan doa dan dukungan dari orangtua, keluarga dan rekan-rekan penulis.

DAFTAR PUSTAKA

Agustin, A. A., Trisiana, A., & Prihastari, E. B. (2023) Efektivitas Model Pembelajaran *Discovery Learning* terhadap Kemampuan Literasi Numerasi Materi Pecahan Siswa Kelas V SDN Jenggrik 03 Sragen Tahun Ajaran 2022/2023. *Jurnal Pendidikan Tambusai,* 7(2):,18495 – 18502.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Agustin, P., & Winanto, A. (2023). Efektivitas Model *Discovery Learning* dan *Problem Based Learning* dalam Rangka Peningkatan Kemampuan Literasi Numerasi Mapel IPAS Kelas IV SD. *Jurnal Elementaria Edukasia,* 6(2), 800 – 813.

Aisyah, Habsanul. (2021). Pengembangan Instrumen Penilaian Literasi Numerasi dengan Memasukkan Konteks Islam. *Skripsi Sarjana*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

Al-Tabany, T. I. B. (2017). *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif, Progresif, dan Kontekstual : Konsep, Landasan, dan Implementasinya pada Kurikulum 2013 (Kurikulum Tematik Integratif / KTI)*. KENCANA: Jakarta.

Dari, F. W. & Ahmad, S. (2020). Model *Discovery Learning* Sebagai Upaya Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SD. *Jurnal Pendidikan Tambusai,* 4(2), 1469-1479.

Depdiknas. (2006). *Permendiknas No.22 Tahun 2006 Tentang Standarisasi Sekolah Dasar Dan Menengah*. Depdiknas: Jakarta.

Feriyanto. (2022). Strategi Penguatan Literasi Numerasi Matematika Bagi Peserta Didik Pada Kurikulum Merdeka Belajar. *Jurnal Gammath,* 7(2), 86-94.

Kusumadewi, R. F., Ulia, N., & Ristanti, N. (2019). Efektivitas Model Pembelajaran *Discovery Learning* terhadap Kemampuan Literasi Matematika di Sekolah Dasar. *Sekolah Dasar: Kajian Teori dan Praktik Pendidikan,* 28(1), 11 – 16.

MZ. A. N. (2021). Pengaruh Model Pembelajaran Discovery Learning terhadap Kemampuan Literasi Matematis dan Disposisi Matematis Siswa. *Skripsi Sarjana*. Universitas Islam Negeri Raden Intan.

Salvia, N. Z., Sabrina, F. P., & Maula, I. (2022). Analisis Kemampuan Literasi Numerasi Peserta Didik Ditinjau dari Kecemasan Matematika. *Seminar Nasional Pendidikan Matematika,* 3(1), 351 – 360.

Sihombing, P. A., Sihombing, D. I., & Panjaitan, S. M. (2023). Efektivitas Model *Discovery Learning* untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Numerasi Peserta Didik. *Jurnal Literasi Pendidikan Dasar,* 4(2), 19 – 26.

Sunarto, M. F. & Amalia, N. (2022). Pengetahuan Model *Discovery Learning* Guna Menciptakan Kemandirian dan Kreativitas Peserta Didik. *BAHTERA: Jurnal Pendidikan Bahasa dan Sastra,* 21(1), 94 – 100.

Ulfa, M. & Oktaviana, E. (2021). Peningkatan Kemampuan Berliterasi Melalui Model *Discovery Learning* Berbantuan Media Pohon Literasi. *Jurnal Basicedu,* 5(6), 5204 – 5212.

Vatmala, K. D. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran Discovery – Based Learning dan Inquiry – Based Learning terhadap Kemampuan Literasi Matematis dan Representasi Matematis Peserta Didik. *Skripsi Sarjana*. Universitas Islam Negeri Raden Intan.

Yustinaningrum, B. (2021). Deskripsi Kemampuan Literasi Numerasi Siswa Menggunakan Polya Ditinjau Dari Gender. *Jurnal Sinektik,* 4(2), 129-140.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Perbedaan Kemampuan Pemecahan Masalah Diajarkan dengan Model Pembelajaran Berbasis Masalah dan Pendidikan Matematika Realistik Indonesia

Ester Nova Br. Sipayung[1], E. Elvis Napitupulu[2]
[1,2]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author: esternovas113@gmail.com*

Abstrak, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah siswa yang diajarkan menggunakan model PBM memiliki prestasi yang lebih baik daripada siswa yang diajarkan menggunakan model PMRI dalam menyelesaikan soal matematika. Sampel penelitian terdiri dari 64 siswa dari kelas VIII-1 dan VIII-3, sedangkan populasi terdiri dari seluruh siswa VIII di SMP Swasta RK Makmur Medan, yang meliputi tiga kelas. Data untuk penelitian kuasi eksperimen ini berasal dari tes keterampilan pemecahan masalah yang terdiri dari empat soal deskriptif. Berdasarkan hasil analisis data, siswa yang mengerjakan tes kemampuan pemecahan masalah matematika dengan model Problem-Based Learning memperoleh nilai rata-rata 83,13 dengan simpangan baku 12,62, sedangkan siswa yang mengerjakan tes dengan model Pendidikan Matematika Realistik Indonesia memperoleh nilai rata-rata 77,34 dengan simpangan baku 14,04. Uji t digunakan untuk menguji hipotesis berdasarkan hasil yang diperoleh dari IBM SPSS Statistics 29 diketahui $t_{hitung} = 1{,}732$ dengan kriteria pengujian tolak H_0 dan terima H_α jika $t_{hitung} > 1{,}670$ sehingga terlihat bahwa H_0 ditolak dan terima H_α atau dengan kata lain rata-rata kemampuan pemecahan masalah matematis siswa yang diajar melalui model Pembelajaran Berbasis Masalah lebih tinggi daripada model Pendidikan Matematika Realistik Indonesia di di SMP Swasta RK Makmur Medan T.A. 2023/2024.
Kata kunci: kemampuan pemecahan masalah matematis, Pembelajaran Berbasis Masalah, Pendidikan Matematika Realistik Indonesia

Abstract, *this research aims to determine whether the mathematical problem-solving abilities of students taught through the problem-based learning model are higher than the realistic mathematics education model. The population in this study were all class VIII students at RK Makmur Medan Private Middle School, which consisted of 3 classes. The sample in this study comprised class VIII-1 students and 64 class VIII-3 students. This type of research is a quasi-experiment. The required data was obtained using a problem-solving ability test in the form of a description of 4 questions. From the results of the data analysis, the average test result of students' mathematical problem-solving abilities through the problem-based learning model was 83,13 with a standard deviation of 12,62, and the average test result of students' mathematical problem-solving abilities through the realistic mathematics education model was 77,34 with a standard deviation of 14,04. To test the hypothesis, the t-test is used; from the output obtained using IBM SPSS Statistics 29, it is known that t_count =1,732 with the test criteria of rejecting H0 and accepting Ha if t_count>1,670, so it can be seen that H0 is rejected and accepts Ha or in other words the average problem-solving ability students' mathematics taught through the problem- based learning model is higher than the realistic mathematics education model at RK Makmur Private Middle School Medan T.A. 2023/2024.*
Keywords*: mathematical problem solving abilities, Problem Based Learning, Realistic Mathematics Education*

Citation : Sipayung, E. N., & Napitupulu, E. E. (2024). Perbedaan Kemampuan Pemecahan Masalah Diajarkan dengan Model Pembelajaran Berbasis Masalah dan Pendidikan Matematika Realistik Indonesia. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 721 – 728

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan sarana atau jembatan bagi manusia untuk mengembangkan potensi dirinya dari pembelajaran dan pelatihan. Karena pendidikan secara signifikan mempengaruhi pertumbuhan potensi pribadi dengan mengubah sikap dan perilaku agar lebih sesuai dengan standar sosial, maka penting bagi semua individu untuk menerima pendidikan (Wulandari & Nurhaliza, 2023). Matematika sebagai pengetahuan yang mendasari semua bidang ilmu dan perkembangan teknologi, yang diperoleh dengan cara bernalar untuk membentuk pemikiran siswa yang logis, sistematis, kritis, kreatif harus diberikan kepada semua anak mulai dari sekolah dasar untuk memberi mereka alat yang mereka perlukan untuk berkolaborasi satu sama lain dan berpikir kritis, logis, analitis, metodis, dan kreatif (Rachmantika & Wardono, 2019). Keahlian tersebut diperlukan Agar dapat bertahan hidup dalam dunia yang terus berubah, kompetitif, dan penuh ketidakpastian, siswa harus mampu mengatur dan menggunakan pengetahuan.

Pengembangan salah satu tujuan utama pendidikan matematika adalah mampu memecahkan masalah. Agar dapat menyelesaikan masalah yang kita hadapi dengan tepat, kemampuan menyelesaikan masalah dapat membantu dalam mengatasi masalah di berbagai bidang serta dalam kehidupan sehari-hari (Wardhani et al., 2022). (Kurniawati et al., 2019) dalam penelitiannya menyampaikan bahwa pemecahan masalah matematika merupakan suatu tujuan yang relevan dalam pembelajaran matematika karena pemecahan masalah ini menuntut siswa menggunakan daya pikir, pengetahuan, ide dan konsep matematika yang terstruktur dalam bahasa matematika. Urgensi kemampuan penyelesaian masalah dalam pembelajaran matematika ditegaskan oleh Yuliviati dan Kasyadi pada penelitiannya, bahwa keterampilan utama seperti menerapkan aturan pada masalah nonrutin, melihat pola, menggeneralisasi, mengomunikasikan ide matematika, dll., semuanya dapat ditingkatkan melalui pemecahan masalah (Yuliviati & Kasyadi, 2021). Sehingga pendapat tersebut menunjukkan pemecahan masalah menjadi bagian penting dari pembelajaran matematika sehingga kurikulum matematika di sekolah seharusnya menggabungkan teknik penyelesaian masalah.

Namun, pentingnya keahlian pemecahan masalah matematis berlawanan dengan realita di lapangan yang menunjukkan keahlian murid dalam menyelesaikan masalah masih terbatas. Rendahnya keahlian menyelesaikan masalah matematis siswa Indonesia dapat diketahui berdasarkan studi yang dilakukan PISA pada tahun 2018, menunjukkan bahwa Indonesia masih berada di peringkat 72 dari 78 negara peserta dengan rata-rata skor matematika sebesar 379 (FactsMaps, 2018). Kemudian hasil survei PISA 2022 lalu menunjukkan, Indonesia memperoleh skor 369,3 atau berada pada posisi ke-69 dari 81 negara peserta (FactsMaps, 2022). Dari temuan menunjukkan bahwa pengajaran dan topik matematika di Indonesia berbeda dengan yang digunakan di dunia internasional, sehingga menyebabkan siswa tidak terbiasa dengan matematika. yang tidak hanya sekedar menghafal namun lebih pada memecahkan masalah dalam menyelesaikannya.

Berdasarkan hasil temuan pengamatan siswa kelas VIII di SMP Swasta RK Makmur Medan dengan memberikan tes diagnostik, menunjukkan bahwa keahlian penyelesaian masalah matematis siswa masih sangat rendah. Melalui lembar jawaban yang diperoleh saat observasi diperoleh persentase keterampilan mengidentifikasi unsur yang diketahui dan yang ditanya adalah sebesar 70% kategori baik, persentase keterampilan membuat strategi untuk menyelesaikan masalah yaitu 8,89% kategori sangat rendah, persentase keahlian menerapkan strategi untuk menyelesaikan masalah adalah sebesar 27% kategori sangat rendah dan persentase keterampilan menginterpretasikan hasil sesuai dengan permasalahan awal adalah sebesar 13% kategori sangat rendah. Berdasarkan hasil penilaian per indikator keahlian menyelesaikan masalah matematis siswa, diperoleh persentase hasil

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

keahlian dalam menyelesaikan masalah matematis siswa adalah sebesar 27,33%, hal ini menampilkan bahwa kinerja siswa dalam menyelesaikan soal keahlian menyelesaikan masalah masih di bawah 50% dan jauh untuk dikatakan tuntas. Melalui diskusi dengan guru matematika untuk kelas delapan di SMP RK Makmur Medan diketahui bahwa sekolah masih menggunakan model pembelajaran standar berupa ceramah dan tanya jawab.

Dalam menanggapi permasalahan yang timbul dalam cara belajar matematika di sekolah, terutama yang terkait dengan pentingnya penyelesaian masalah matematika siswa yang akhirnya berakibat pada rendahnya keahlian pemecahan masalah matematika, maka perlu dicarikan solusi agar siswa lebih berperan aktif dalam pembelajaran sehingga cara belajar dapat bermakna dan diingat oleh siswa. Guru sebagai pendidik kelas harus berupaya belajar melalui model pembelajaran yang memberikan siswa kesempatan berlatih memecahkan masalah matematika dan memotivasi mereka untuk melakukannya. Model pembelajaran yang memenuhi dan dianggap konsisten dengan peningkatan kemampuan penyelesaian masalah matematis siswa terhadap matematika adalah Pembelajaran Berbasis Masalah (PBM) dan Pendidikan Matematika Realistik Indonesia (PMRI).

PBM ialah model pembelajaran yang menitikberatkan permasalahan yang terdapat dalam dunia nyata sebagai titik awal pembelajaran dan menuntunnya untuk dapat menyelesaikan atau memecahkan masalah tersebut melalui kegiatan selama cara belajar (Isrok'atun & Amelia Rosmala, 2019). Pada penelitian (Faoziyah, 2022) menyatakan bahwa PBM dapat digunakan untuk meningkatkan keahlian pemecahan masalah matematis siswa karena pada pembelajaran yang menggunakan model PBM, saat pikiran siswa dipaksa berpikir kreatif dan kritis ketika mereka diberikan suatu masalah, mereka diminta untuk mencari penyelesaian permasalahan dengan cara mereka sendiri. Hal tersebut juga sesuai dengan hasil penelitian (Nasution & Mujib, 2022) yang menyatakan bahwa PBM efektif digunakan agar keahlian penyelesaian masalah matematis siswa meningkat.

Sintaks pada PBM terdiri atas lima tahap yaitu: (1) mengorientasikan permasalahan kepada siswa; (2) mengatur siswa untuk belajar; (3) mengarahkan penelitian individu atau kelompok; (4) membuat dan menyajikan temuan; dan (5) menilai dan menganalisis proses penyelesaian masalah (Isrok'atun & Amelia Rosmala, 2019). Dari ke-lima tahap tersebut, keahlian penyelesaian masalah matematis siswa dapat dikembangkan melalui tahap ke-3 dan dan ke-4. Pada tahap ke-3 yaitu membimbing penyelidikan individual atau kelompok, siswa dapat mengembangkan dua indikator kemampuan penyelesaian masalah yaitu menentukan komponen yang diketahui dan yang meragukan, lalu kembangkan teknik pemecahan masalah.. Selanjutnya pada tahap ke-4 yaitu mengembangkan dan menyajikan hasil, siswa dapat menyelesaikan masalah melalui strategi yang direncanakan (Faoziyah,2022).

Selain pembelajaran menggunakan Pembelajaran Berbasis Masalah, ada solusi lain dari pembelajaran yang bisa dilakukan untuk melatih keahlian penyelesaian masalah yaitu Pendidikan Matematika Realistik Indonesia (PMRI). Rangkuti dalam bukunya PMR menyampaikan bahwa cara belajar matematika yang dilaksanakan harus dekat dengan kehidupan anak sehari-hari (Rangkuti, 2021). Munir & Sholehah (2020) menyatakan bahwa pembelajaran menggunakan pendidikan matematika realistik Indonesia cocok digunakan untuk menumbuhkan motivasi, minat dan antusias belajar murid, dan meningkatkan kemampuan penyelesaian masalah matematis murid . Menurut Suparni, (2020), pembelajaran matematika melalui penggunaan PMRI lebih efektif terhadap kemampuan penyelesaian masalah.

Sintaks PMRI terdiri atas lima tahap yaitu: (1) memahami isu konteks tertentu; (2) menjelaskan isu konteks tertentu; (3) menyelesaikan isu konteks tertentu; (4) membandingkan dan mendebat tanggapan; (5) menarik kesimpulan (Isrok'atun & Amelia Rosmala, 2019). Menurut Hadi (Rangkuti, 2019) dalam PMR, proses pengembangan model matematika dan matematisasi masalah sangat terkait dengan proses penyelesaian masalah. Berdasarkan latar belakang di atas, penulis memutuskan melakukan penelitian dengan judul "Perbedaan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa yang diajar Melalui Model Pembelajaran Berbasis Masalah (PBM) dan Pendidikan Matematika Realistik Indonesia (PMRI)".

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di sekolah SMP Swasta RK Makmur Medan yang berada di Jalan Teratai Nomor 21-A, Sidorejo Hilir, Kecamatan Medan Tembung, Kota Medan, Sumatera Utara. Penelitian ini dilaksanakan pada semester ganjil Tahun Ajaran 2024/2025 pada bulan Agustus 2024. Adapun desain penelitian ini adalah *Posttest-Only Control Group Desain*. Untuk mengambil sampel populasi berdasarkan kelas atau pengelompokan yang sudah ada sebelumnya, teknik pengambilan sampel acak kluster digunakan dalam penelitian ini (Hikmawati, 2017). Dari 3 kelas VIII SMP Swasta RK Makmur Medan, diambil 2 kelas sampel yaitu kelas VIII-1 sebagai kelas percobaan I dan kelas VIII-3 sebagai kelas percobaan II. Pada penelitian ini akan digunakan data hasil penilaian akhir guru pada murid yang diolah dari nilai tugas – tugas, penilaian harian, dan sumatif yang diasumsikan lebih akurat untuk mengetahui kemampuan awal matematika murid homogen. Hipotesis pada penelitian ini adalah murid yang diajar dengan PBM mengungguli murid yang diajar PMRI dalam hal kemampuan rata-rata dalam memecahkan masalah matematika.

Instrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah tes uraian pada pokok bahasan SPLDV yang terdiri dari 4 soal. Butir soal yang dijadikan sebagai soal tes kemampuan pemecahan masalah matematis terlebih dahulu akan divalidkan kepada tiga orang tenaga ahli dan terlebih dahulu akan dicobakan kepada murid. Kemudian, hasil uji coba tersebut dianalisis dengan uji validitas dan uji reliabilitas. Uji statistik aplikasi IBM SPSS Statistics 29, uji-t (T-Test), digunakan sebagai uji hipotesis dalam penelitian ini. Uji T dipakai guna mengetahui perbedaan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa yang mengikuti kelas PBM dan siswa yang mengikuti kelas PMRI.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan pembelajaran terlebih dahulu peneliti meminta hasil penilaian guru matematika terhadap kedua kelas percobaan untuk mengetahui pemahaman awal matematika siswa. Hasil penilaian guru matematika yang digunakan merupakan nilai akhir yang diolah dari tugas-tugas, penilaian harian, dan sumatif. Hasil rata-rata penilaian guru matematika pada kelas percobaan I adalah 85,28 dan hasil rata-rata penilaian guru matematika pada kelas percobaan II adalah 85,59. Dari nilai statistik kedua sampel di atas dilakukan uji hipotesis dan diperoleh bahwa tidak ada perbedaan keahlian awal matematika kedua kelas tersebut, perhitungan selanjutnya terdapat pada lampiran. Dengan kata lain keahlian awal murid sama, maka penelitian dapat dilanjutkan.

Setelah diketahui bahwa tidak ada perbedaan keahlian awal matematika siswa, maka kedua kelas diberi perlakuan yaitu kelas percobaan I diberi perlakuan dengan model PBM yang terdiri atas lima tahap yaitu: (1) mengorientasikan permasalahan kepada siswa; (2) mengatur siswa untuk belajar; (3) mengarahkan penelitian individu atau kelompok; (4) membuat dan menyajikan temuan; dan (5) menilai dan menganalisis proses penyelesaian masalah (Isrok'atun & Amelia Rosmala, 2019) dan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

kelas percobaan II diberi perlakuan dengan model PMRI yang terdiri atas lima tahap yaitu: (1) memahami isu konteks tertentu; (2) menjelaskan isu kontek tertentu; (3) menyelesaikan isu konteks tertentu; (4) membandingkan dan mendebat tanggapan; (5) menarik kesimpulan (Isrok'atun & Amelia Rosmala, 2019).

Dengan mendorong siswa untuk terlibat aktif dalam pendidikan mereka, Model PBM membantu mereka mengembangkan kemampuan berpikir kritis (penalaran, komunikasi, dan koneksi) dalam menyelesaikan masalah (Rusman, 2012). Berbeda dengan pembelajaran sendiri atau berpasangan, pembelajaran kelompok memaksa murid untuk berkolaborasi guna memahami topik dan berpartisipasi aktif dalam proses berpikir guna mencapai kesimpulan yang lebih baik (Slavin dalam Trianto, 2005). Peneliti melihat kelas ini memiliki kerja sama yang baik dengan kelompoknya. Ini terlihat ketika setiap kelompok mengerjakan LKPD yang diberikan oleh guru. Terjalin komunikasi yang baik dengan teman sekelompoknya mengerjakan setiap soal dari LKPD. Jadi dapat diambil kesimpulan dengan belajar bersama kelompok untuk berdiskusi menyelesaikan masalah lebih baik dari pada terlebih dahulu menyelesaikan secara individu.

Lain hal yang terjadi pada kelas percobaan II dengan model PMRI, setelah siswa terlebih dahulu mengerjakan soal secara mandiri kemudian mendiskusikan jawaban yang paling tepat dalam kelompok, guru memperhatikan bahwa saat mengerjakan LKPD siswa yang tidak menyelesaikan terlebih dahulu tidak berperan aktif dalam diskusi. Pada pengerjaan LKPD I yang dilakukan di kelas percobaan I dan kelas percobaan II diperoleh bahwa keahlian rata-rata kelompok pada indikator mengidentifikasi unsur yang diketahui dan ditanya kelas percobaan I sebesar 85,71% dan kelas percobaan II sebesar 90,48%, keahlian rata-rata kelompok pada indikator membuat strategi untuk menyelesaikan masalah kelas percobaan I sebesar 100% dan kelas percobaan II sebesar 92,86%, keahlian rata-rata kelompok pada indikator melaksanakan strategi untuk menyelesaikan masalah kelas percobaan I sebesar 100% dan kelas percobaan II sebesar 100%, kemampuan rata-rata siswa pada indikator menginterpretasi hasil pada masalah asal kelas percobaan I sebesar 100% dan kelas percobaan II sebesar 100%.

Sehingga diketahui bahwa pada indikator mengidentifikasi unsur yang diketahui dan ditanya kelas percobaan II memiliki nilai yang lebih tinggi dari pada kelas percobaan I, untuk indikator membuat strategi untuk menyelesaikan masalah kelas percobaan I memiliki nilai yang lebih tinggi dari pada kelas percobaan II, kemudian indikator melaksanakan strategi untuk menyelesaikan masalah dan menginterpretasi hasil pada masalah asal kelas percobaan I memiliki nilai yang sama dari pada kelas percobaan II. Berdasarkan hasil pengerjaan LKPD I, peneliti selalu mengingatkan kepada setiap kelompok di kedua kelas untuk menuliskan secara lengkap penyelesaian LKPD II untuk setiap indikator keahlian pemecahan masalah.

Pada pengerjaan LKPD II yang dilakukan di kelas percobaan I dan kelas percobaan II diperoleh bahwa kemampuan rata-rata kelompok pada indikator mengidentifikasi unsur yang diketahui dan ditanya kelas percobaan I sebesar 80,95% dan kelas percobaan II sebesar 90,48%, kemampuan rata-rata kelompok pada indikator membuat strategi untuk menyelesaikan masalah kelas percobaan I sebesar 100% dan kelas percobaan II sebesar 71,43%, kemampuan rata-rata kelompok pada indikator melaksanakan strategi untuk menyelesaikan masalah kelas percobaan I sebesar 100% dan kelas percobaan II sebesar 71,43%, kemampuan rata-rata siswa pada indikator menginterpretasi hasil pada masalah asal kelas percobaan I sebesar 100% dan kelas percobaan II sebesar 78,57%. Sehingga diketahui bahwa pada indikator mengidentifikasi unsur yang diketahui dan ditanya kelas percobaan II memiliki nilai yang lebih tinggi dari pada kelas percobaan I, sedangkan untuk indikator

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

membuat strategi untuk menyelesaikan masalah, melaksanakan strategi untuk menyelesaikan masalah dan menginterpretasi hasil pada masalah asal kelas percobaan I memiliki nilai yang lebih tinggi dari pada kelas percobaan II.

Tes akhir diberikan untuk mengevaluasi kemampuan siswa dalam memecahkan masalah matematika setelah kedua kelas diberi perlakuan yang berbeda. Pertanyaan yang digunakan bersifat deskriptif.; semuanya ada empat pertanyaan. Tiga ahli memvalidasi pertanyaan sebelum diajukan, dan semuanya sah, artinya layak untuk digunakan. Rata-rata kelas pasca-tes diperoleh dari temuan pasca-tes percobaan I dengan model PBM adalah 83,13 dan rata-rata postes kelas percobaan II dengan model PMRI adalah 77,34. Dari nilai tersebut dapat dilihat perbedaan nilai rata-rata pasca-tes keahlian pemecahan masalah matematis siswa kelas percobaan I dan kelas percobaan II. Rata-rata nilai yang diperoleh kelas percobaan I yaitu 83,13 lebih tinggi daripada rata-rata yang diperoleh kelas percobaan II yaitu 77,19.

Secara lebih jelas perbedaan nilai rata-rata siswa berdasarkan indikator kemampuan pemecahan masalah diperoleh bahwa kemampuan rata-rata siswa pada indikator mengidentifikasi unsur yang diketahui dan ditanya kelas percobaan I sebesar 81,25% dan kelas percobaan II sebesar 75,26%, kemampuan rata-rata siswa pada indikator membuat strategi untuk menyelesaikan masalah kelas percobaan I sebesar 97,66% dan kelas percobaan II sebesar 89,84%, kemampuan rata-rata siswa pada indikator melaksanakan strategi untuk menyelesaikan masalah kelas percobaan I sebesar 83,07% dan kelas percobaan II sebesar 82,03%, kemampuan rata-rata siswa pada indikator menginterpretasi hasil pada masalah asal kelas percobaan I sebesar 71,48% dan kelas percobaan II sebesar 60,94%.

Dari hasil dapat diketahui bahwa nilai *Sig. (One-Sided p)* $< 0{,}05$ atau $0{,}044 < 0{,}05$. Hal ini diartikan bahwa H_0 ditolak, yang artinya rata-rata kemampuan pemecahan masalah matematis murid kelas percobaan I lebih tinggi dari kelas percobaan II. Berdasarkan *output* di atas juga diketahui bahwa nilai $t_{hitung} = 1{,}732$ dengan df = 62 dan $\alpha = 0{,}05$, maka nilai $t_{tabel} = 1{,}670$. Hal ini diartikan bahwa nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$ atau $1{,}732 > 1{,}670$, yang artinya H_0 ditolak. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa rata-rata kemampuan pemecahan masalah matematis murid yang diajar dengan model PBM lebih tinggi dari pada kemampuan pemecahan masalah matematis siswa yang diajar dengan model PMRI di SMP Swasta RK Makmur Medan T.A. 2024/2025. Hasil postes di kelas percobaan I mengungguli kelas percobaan II sudah terlihat sejak siswa mengerjakan LKPD I dan II.

Untuk mendukung hasil penelitian ini, peneliti membandingkannya dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang mempunyai relevansi dengan penelitian ini. Temuan penelitian yang relevan dengan penelitian yang dilakukan peneliti adalah temuan penelitian Dian Handayani pada tahun 2017 menampilkan bahwa penerapan model PBM dapat meningkatkan kemampuan menyelesaikan masalah matematis murid SMP. Pada kondisi awal, guru belum menggunakan model PBM, guru masih mengajar dengan pembelajaran berpusat pada guru sedangkan murid hanya pasif mendengarkan dan mencatat. Nuzulya Rahma melakukan penelitian terkait lainnya pada tahun 2019, dan temuannya menjelaskan bahwa penerapan metode pembelajaran berbasis masalah pada studi geometri dapat meningkatkan kapasitas siswa dalam memecahkan teka-teki matematika. Demikian juga penelitian yang dilakukan oleh Subhanri Siregar pada tahun 2021, siswa SMP Negeri 2 Pangururan yang dibelajarkan dengan model PBM memiliki kemampuan pemecahan masalah matematika yang lebih unggul dibandingkan dengan siswa yang dibelajarkan dengan model PMRI.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

KESIMPULAN

Dengan nilai rata-rata kemampuan pemecahan masalah matematika di SMP Swasta RK Makmur Medan masing-masing sebesar 83,13 dan 77,34, siswa yang menggunakan model pembelajaran berbasis masalah lebih unggul dibandingkan dengan siswa yang menggunakan model pendidikan matematika realistik Indonesia. Hal ini dtunjukkan dari hasil uji hipotesis pada taraf signifikansi $\alpha = 0{,}05$ dan $dk = 62$ dimana $t_{hitung} > t_{tabel}$ yaitu 1,732 >1,670 yang berarti H_0 ditolak dan H_α diterima.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. E. Elvis Napitupulu, M.S., atas bimbingan dan dukungan diberikan sebagai pembimbing skripsi saya. Selanjutnya saya juga mengucapkan terima kasih kepada orang tua saya atas dukungan verbal dan finansial saat saya melakukan penelitian ini. Selanjutnya saya ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak sekolah SMP Swasta RK Makmur Medan terkhususnya Bapak Daulat Purba yang telah mengarahkan saya selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

FactsMaps. (2018). *PISA 2018 Worldwide Ranking – average score of mathematics, science and reading*. FactsMaps.

FactsMaps. (2022). *PISA 2022 Worldwide Ranking – Average Score of Mathematics, Science and Reading*. https://factsmaps.com/pisa-2022-worldwide-ranking-average-score-of-mathematics-science-and-reading-2/

Faoziyah, N. (2022). Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Melalui Pembelajaran Berbasis Pbl. *JUPE : Jurnal Pendidikan Mandala*, *7*(2), 490–496. https://doi.org/10.58258/jupe.v7i2.3555

Hikmawati, F. (2017). *Metodologi Penelitian*. PT RAJAGRAFINDO PERSADA.

Isrok'atun, & Amelia Rosmala. (2019). *Model-Model Pembelajaran Matematika*. Bumi Aksara.

Kurniawati, I., Raharjo, T. J., & Khumaedi. (2019). Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah untuk Mempersiapkan Generasi Unggul Menghadapi Tantangan abad 21. *Seminar Nasinal Pascasarjana*, *21*(2), 702.

Munir, M., & Sholehah, H. (2020). Pembelajaran Matematika Realistik Indonesia (PMRI) dalam Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah. *Jurnal Al-Muta'aliyah STAI Darul Kamal NW Kembang Kerang*, *5*, 33–42.

Nasution, & Mujib. (2022). Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis dan Kemandirian Belajar Siswa Melalui Pembelajaran Berbasis Masalah. *Jurnal Pendidikan*, *6*(1), 40–48. https://www.researchgate.net/publication/363264609_Peningkatan_Kemampuan_Pemecahan_Masalah_Matematis_dan_Kemandirian_Belajar_Siswa_Melalui_Pembelajaran_Berbasis_Masalah

Rachmantika, A. R., & Wardono. (2019). Peran Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Pembelajaran Matematika Dengan Pemecahan Masalah. *Prosiding Seminar Nasional Matematika*, *2*(1), 441.

Rangkuti, A. N. (2021). Pendidikan Matematika Realistik dalam Pendidikan Matematika. In *Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY* (Vol. 44, Nomor 2).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Suparni. (2020). *Efektivitas Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik Indonesia (PMRI) Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Dan Self-Efficacy Siswa SMP / MTS*. *3*(4), 293–302. https://doi.org/10.22460/jpmi.v3i4.293-302

Wardhani, A. K., Haerudin, & Ramlah. (2022). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa dalam Menyelesaikan Soal TIMSS Materi Geometri. *Didactical Mathematics*, *4*(1), 94–103. https://doi.org/10.31949/dm.v4i1.2017

Wulandari, H., & Nurhaliza, I. (2023). Mengembangkan Potensi Guru Yang Profesional Dalam Proses Belajar Mengajar. *Didaktik : Jurnal Ilmiah PGSD STKIP Subang*, *9*(2), 2487–2509. https://doi.org/10.36989/didaktik.v9i2.990

Yuliviati, C., & Kasyadi, S. (2021). Pengaruh Gaya Belajar dan Disposisi Matematis Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika Siswa. *Jurnal Pendidikan MIPA*, *4*(1), 103–112.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Etnomatematika Berbantuan *Classpoint* untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa Kelas VII

Eviyanti Lumban Tobing[1*], Tiur Malasari Siregar[2]
[1,]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:*eviyantilumbantobing24@gmail.com

Abstrak, pengembangan LKPD ini bertujuan mendukung pembelajaran di sekolah. Penelitian ini fokus pada pengembangan LKPD berbasis etnomatematika yang memanfaatkan ClassPoint dengan tujuan meningkatkan minat belajar peserta didik. Metode yg digunakan, yaitu Penelitian serta Pengembangan (Research and Development) dengan metode ADDIE, yang mencakup lima tahap: Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, serta Evaluasi yang melibatkan 30 siswa kelas VII-1 di SMP Negeri 17 Medan menjadi objek penelitian. Instrumen yg dipergunakan mencakup angket validasi ahli materi dan ahli media, angket kepraktisan dari guru serta peserta didik, dan angket minat belajar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) LKPD yang dikembangkan dinyatakan valid, dengan hasil validasi dari ahli materi sejumlah 81,35% serta dari ahli media sebesar 76,06%. (2) LKPD dinyatakan praktis dengan skor respons guru sejumlah 86,66% dan dari peserta didik sejumlah 78,83%. (3) LKPD efektif dalam meningkatkan minat belajar, dengan peningkatan dari 71,16% menjadi 82,88%. (4) Peningkatan minat belajar sebelum dan setelah penggunaan LKPD, yang dihitung menggunakan rumus N-gain, diperoleh peningkatan sebanyak 0.40, tergolong dalam kategori sedang.
Kata Kunci: ClassPoint; Etnomatematika; LKPD; Minat Belajar; Penelitian dan Pengembangan

Abstract, *the development of the LKPD is essential as an instructional tool within the school learning process. This study aims to create an ethnomathematics-based LKPD, supported by ClassPoint, to boost students' engagement in learning. The research methodology employed is Research and Development (R&D), using the ADDIE model, which encompasses the stages of Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. The study involved 30 seventh-grade students from SMP Negeri 17 Medan. The instruments used for data collection included validation questionnaires from content experts, media experts, and practicality questionnaires completed by both teachers and students, as well as a learning interest questionnaire. The findings of the study revealed: (1) The developed LKPD was validated, with an average validation score of 81.35% from material experts and 76.06% from media experts. (2) The LKPD was deemed practical, receiving an 86.66% response score from teachers and 78.83% from students. (3) The LKPD was found to be effective in enhancing learning interest, with an improvement from 71.16% to 82.88%. (4) The increase in students' learning interest before and after using the LKPD, calculated using the N-gain formula, resulted in a 0.40 increase, which falls within the medium category.*
Keywords: *ClassPoint; Ethnomathematic; Interest in Learning; LKPD; Research and Development*

Citation : Tobing, E. L., & Siregar, T. M. (2024). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Etnomatematika Berbantuan Classpoint untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa Kelas VII. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 729 – 736

PENDAHULUAN

Matematika dapat membantu meningkatkan kemampuan, berargumen, dan menyimpulkan masalah di kehidupan sehari-hari (Friska & Safrizal, 2023). Ilmu matematika melibatkan angka , perhitungan, numerik, dan pola, bentuk, struktur, serta alat (Christ *et al*., 2021). Tujuan pembelajaran

matematika, yaitu mengasah dan meningkatkan keterampilan siswa dalam mengetahui konsep-konsep matematika, memanfaatkan pola dalam penyelesaian masalah, dan menerapkan penalaran yang relevan dengan kehidupan sehari-hari (Nur Oktavia, 2021).

Namun, tidak sedikit peserta didik menganggap matematika menjadi pelajaran yang rumit dan tidak menarik sebagai akibatnya minat mereka terhadap pelajaran matematika rendah (Eliyati *et al*., 2022). Kurangnya minat belajar dapat dilihat dari kurangnya respon serta aktivitas siswa selama pelajaran berlangsung. Rendahnya impian mengetahui materi, kurangnya perhatian, dan partisipasi dalam pembelajaran akan berpengaruh negatif terhadap hasil belajar (Benny *et al*., 2020). Bahan ajar merupakan salah satu solusi yang mampu menarik minat siswa dalam memahami materi, sebagai akibatnya minat belajar mereka bisa meningkat (Aprijal *et al*., 2020).

Berdasarkan hasil wawancara pada Kamis, 11 Juli 2024, dengan bunda Maryunah, S.Pd, pengajar matematika kelas VII pada Sekolah Menengah Pertama Negeri 17 Medan, diperoleh informasi bahwa perangkat pembelajaran yang digunakan sekolah masih terbatas dan memakai alat peraga konvensional. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang dipergunakan berupa latihan soal dari buku ajar dan soal-soal yang disusun guru. Kurangnya kreativitas dan kemampuan pengajar pada memanfaatkan teknologi di pembelajaran berdampak pada minat belajar siswa yg kurang.

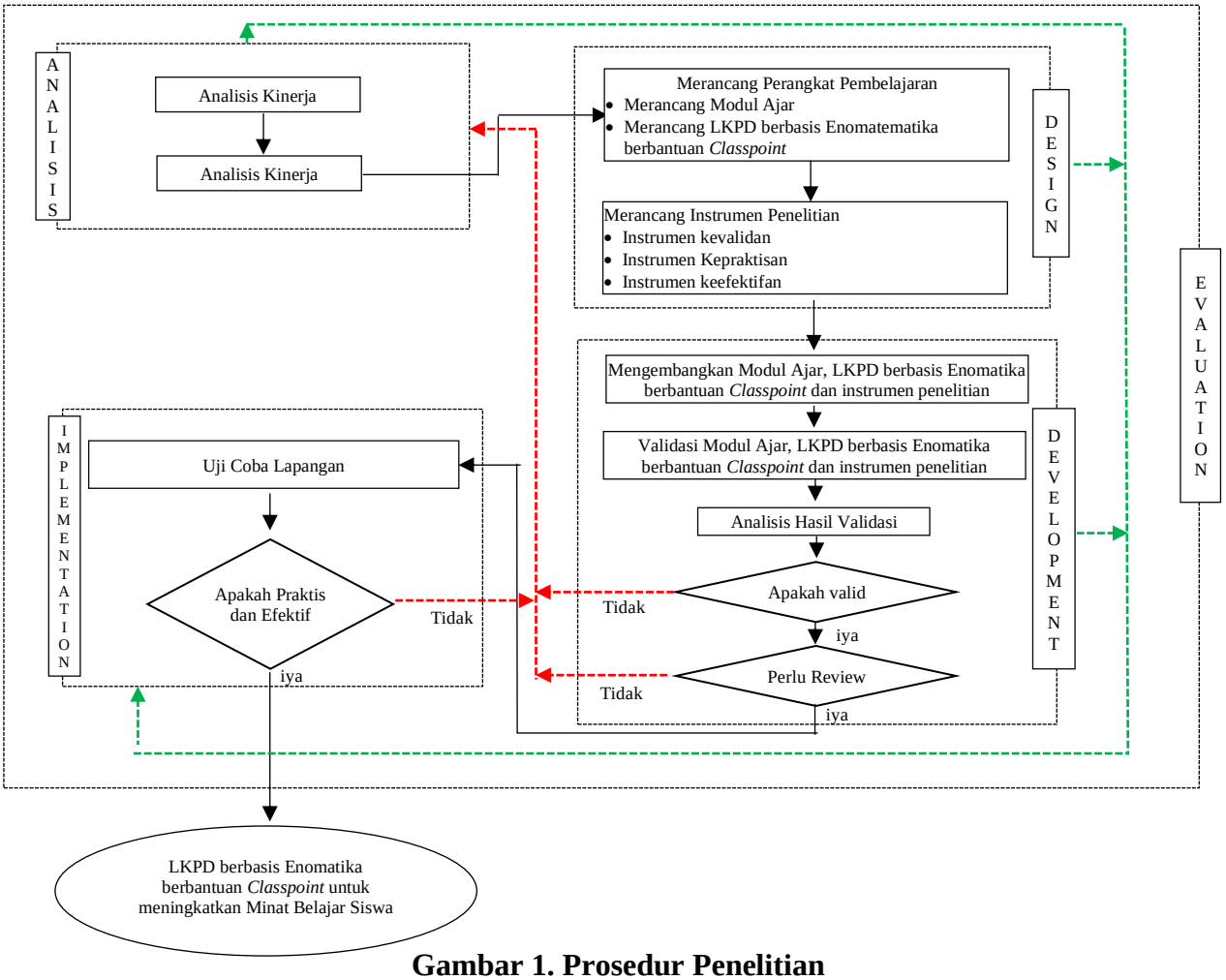
Minat belajar berperan penting di proses belajar dan pencapaian prestasi (Riska *et al*., 2019). Proses pembelajaran yang berhasil sangat tergantung pada peran guru dalam menciptakan aktivitas belajar mengajar yang menarik, inovatif, dan kreatif, keliru satunya melalui penggunaan asal belajar yang efektif (Fransiska *et al*., 2022). LKPD ialah sebuah materi pembelajaran yang dikemas sedemikian rupa supaya siswa bisa mempelajari materi serta menjadi lebih aktif dalam memecahkan suatu konflik melalui diskusi (Pulungan *et al*., 2020). Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang interaktif sangat penting dipergunakan pada pembelajaran karena mampu menarik minat belajar peserta didik sehingga mereka bisa mengetahui materi dengan praktis (Lala *et al*, 2023).

Pada era terbaru ini, masyarakat Indonesia mengalami krisis jati diri serta mudah dipengaruhi oleh hal-hal yang berdampak pada perpecahan budaya. Pesatnya perkembangan teknologi membentuk siswa terjerumus ke dalam kehidupan maya serta melupakan lingkungan sekitarnya, termasuk warisan budaya dan sejarah (Annis & Dafid, 2019) Mengintegrasikan konsep budaya kepada pembelajaran matematika adalah salah satu cara buat melestarikan budaya lokal (Merliza, 2021). Salah satu caranya menggunakan menggunakan LKPD matematika berbasis konteks budaya di lingkungan belajar atau tempat tinggal peserta didik. Tujuan penelitian ini yaitu, untuk mengetahui kevalidan, kepraktisan serta keefektifan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis etnomatematika berbantuan *ClassPoint* dalam upaya meningkatkan minat belajar peserta didik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (*Research & Development*), yang bertujuan untuk, mengembangkan perangkat pembelajaran berupa LKPD berbasis etnomatematika berbantuan *ClassPoint* terkait materi tentang Bangun Datar. Penelitian ini dilaksanakan di kelas VII-1 SMP Negeri 17 Medan dengan jumlah responden 30 peserta didik. Dalam proses pengembangan LKPD ini, model penelitian dan pengembangan yang digunakan, yaitu model *Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation* (ADDIE). Model ini adalah desain instruksional yang fokus pada pembelajaran individu, bersifat sistematis, dan menerapkan pendekatan sistem dalam pembelajaran serta pengetahuan manusia (Fitria & Muhamad, 2021).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan



Gambar 1. Prosedur Penelitian

Penelitian ini mengumpulkan data menggunakan, observasi, wawancara dan angket. Pada tahap analisis, peneliti memanfaatkan wawancara dan observasi. Analisis data dalam penelitian ini meliputi analisis kevalidan, analisis kepraktisan dan analisis keefketifan. **Analisis Kevalidan** didasarkan pada skor rata-rata perangkat pembelajaran yang telah divalidasi oleh para validator, yaitu dosen pendidikan matematika, yang kemudian disesuaikan dengan koreksi yang dibuat oleh para validator yang dihitung menggunakan persamaan (1) (Ariyati, 2020).

$$\text{Presentase} = \frac{\text{Jumlah skor hasil validasi}}{\text{Skor tertinggi}} \text{ x } 100\% \quad (1)$$

Kemudian dilaukan analisis kepraktisan dengan menggunakan angket yang dibagikan kepada guru dan peserta didik setelah uji coba media pembelajaran LKPD. Menurut Tatang, *et al.*, (2023) rumus yang digunakan untuk menganalisis data hasil angket kepraktisan dengan menggunakan persamaan (2) dimana x skor jawaban yang diberikan dan x_i sekor total

$$N = \frac{\sum_x}{\sum_{xi}} 100\% \quad (2)$$

Analisis Keefektifan ditinjau dari minat belajar peserta didik dan peningkatan minat belajar peserta didik. Dikatakan mencapai tingkatnya jika minat belajar per indikator mendapat persentase lebih besar sama dengan 75,01%. Menurut Yaatulo&Yakin (2022), persentase minat belajar peserta didik dapat dihitung menggunakan persamaan (3). Sedangkan untuk analisis peningkatan minat belajt matematika peserta didik menurut Hake yang dikutip oleh (Fuadah, 2020) untuk menghitung seberapa

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

besar peningkatan minat belajar yang terjadi pada peserta didik digunakan rumus *N-Gain* seperti persamaan (4).

$$\text{p} = \frac{\text{Nilai seluruh indikator yang didapat}}{\text{Banyaknya nilai total seluruh indikator}} \text{x } 100\% \quad (3)$$

$$g = \frac{\text{S}_{\text{posttest}} - \text{S}_{\text{pretest}}}{\text{S}_{\text{maks}} - \text{S}_{\text{pretest}}} \quad (4)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis (Analysis)

Berdasarkan temuan di lapangan, pembelajaran saat ini belum memanfaatkan LKPD, padahal LKPD adalah bahan ajar penting yang dapat mendukung proses pembelajaran. Peneliti mengusulkan penggunaan LKPD berbasis etnomatematika yang didukung oleh *ClassPoint* dalam upaya meningkatkan motivasi belajar matematika peserta didik. LKPD yang efektif adalah yang mampu menarik perhatian dan memotivasi peserta didik agar lebih aktif dalam pembelajaran. Observasi menunjukkan bahwa guru masih menggunakan metode pembelajaran yang berpusat pada guru, di mana guru banyak berbicara sementara peserta didik lebih banyak mendengarkan. Pola ini menyebabkan rendahnya minat peserta didik dalam pembelajaran matematika. Guru masih menerapkan metode konvensional dengan menjelaskan konsep, prosedur, dan memberikan contoh soal serta tugas melalui buku ajar, yang memengaruhi respons peserta didik selama pembelajaran.

Analisis ini dilakukan untuk memahami karakteristik peserta didik selama proses pembelajaran. Hasil observasi mengungkapkan bahwa peserta didik kurang aktif terlibat dalam pembelajaran, yang tampak dari respons mereka terhadap pengajaran guru. Pada bagian ini, peneliti juga melakukan pengamatan tentang kebudayaan dan keseharian peserta didik melalui pertanyaan tentang suku dan pekerjaan orang tua peserta didik. Hal ini akan membantu peneliti dalam proses perancangan LKPD.

Perancangan (*Design*)



(a) (b)

Gambar 2. Design LKPD I

Modul ajar secara garis besar menguraikan langkah-langkah pembelajaran kontekstual. Pada modul ajar terdapat beberapa komponen, meliputi informasi umum, kegiatan inti, kegiatan pembelajaran, assesmen/penilaian, dan refleksi peserta didik dan guru. Modul ajar yang dikembangkan dirancang untuk tiga pertemuan, masing-masing dengan durasi 2 x 40 menit. Angket minat belajar siswa dibagikan sebelum dan setelah penggunaan LKPD berbasis etnomatematika dengan bantuan *ClassPoint*. Bagian cover memuat judul LKPD yang disesuaikan dengan materi yang akan digunakan, sasaran LKPD, nama penulis dan gambar pendukung. Bagian cover dibuat dengan menggunakan *Ms. Powerpoint*. Gambar 2(a) yang terdapat pada cover disesuaikan dengan materi dan objek etnomatematika untuk mempercantik tampilan LKPD. Bagian isi (*content*) seperti pada gambar

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

2(b) memuat pengantar tentang pengetahuan kebudayaan Indonesia yang bermanfaat untuk menambah wawasan peserta didik. Di bagian isi juga dimuat pembahasan materi dan soal yang berupa penugasan yang akan didiskusikan di dalam kelompok belajar peserta didik. Kemudian instrumen penelitian pendukung LKPD yang dirancang mencakup lembar kevalidan LKPD, lembar kevalidan modul ajar, lembar kepraktisan LKPD, dan angket untuk mengukur minat belajar matematika peserta didik.

Pengembangan (Development)

Berdasarkan perhitungan dari validator ahli materi pada LKPD, diperoleh rata-rata skor validasi sebesar 56,95 (persentase 81,35%), tergolong sangat valid, sehingga LKPD dapat diuji coba di lapangan dengan beberapa revisi. Sedangkan hasil perhitungan validator ahli media diperoleh rata-rata skor validasi 45,64 (presentase 76,06%) dikategorikan dalam kriteria valid dengan kualifikasi LKPD dapat dilakukan uji coba lapangan setelah melakukan revisi sesuai dengan saran dari validator. Ada beberapa saran yang diberikan validator terhadap materi yang ada di LKPD adalah menambahkan keterangan bahasa permukaan dari contoh yang diberikan, menambahkan langkah-langkah penyelesaian soal dan melengkapi komponen LPKD dengan Kompetensi Dasar dan tujuan pembelajaran. Sedangkan saran yang diberikan oleh ahli media terhadap LKPD diantaranya penyesuaian *font*, tata letak dan penulisan kata yang tidak tepat.

Selanjutnya hasil validasi modul ajar oleh validator diperoleh total skor validasi 141 (presentase 85,45%) dikategorikan dalam kriteria valid dengan kualifikasi, modul ajar dapat dilakukan uji coba lapangan setelah melakukan revisi berdasarkan saran dari validator. Terkait saran yang diberikan oleh validator diantaranya; (1) model pembelajaran konvensional diganti menjadi model pembelajaran biasa; (2) ubah "tahap" belajar menjadi "fase" belajar; (3) Tambahkan alur tujuan pembelajaran; dan kegiatan pembelajaran secara detail (4) Gunakan pendekatan pembelajaran; dan (5) Perbaiki tujuan pembelajaran sesuai ABCD.

Terkait validasi intrumen penelitian angket kepraktisan LKPD diperoleh rata-rata skor validasi 17,64 (presentase 85,45%) dikategorikan dalam kriteria valid dengan kualifikasi, angket kepraktisan LKPD dapat dilakukan uji coba lapangan setelah melakukan revisi berdasarkan saran dari validator. Kemudian untuk instrumen angket keefektifan LKPD diperoleh rata-rata skor validasi 18,66 (presentase 93,3%) dikategorikan dalam kriteria valid dengan kualifikasi, angket keefektifan LKPD dapat dilakukan uji coba lapangan dilakukan dengan melakukan revisi sesuai dengan saran dari validator.

Implementasi (Implementation)

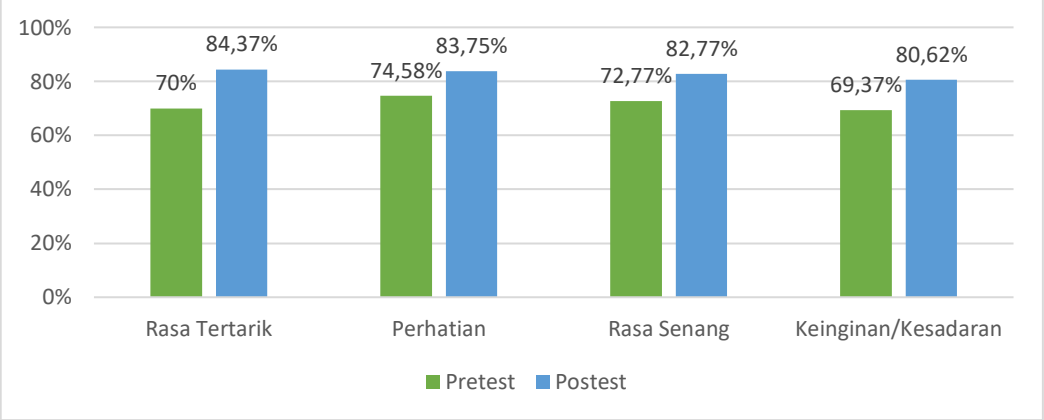
Pada uji coba lapangan pelaksanaan (LKPD) diperoleh peserta didik terdiri dari kategori cukup praktis, praktis dan sangat praktis. Untuk kategori cukup praktis diperoleh rata-rata 38,8 (presentase 64,66%) dengan jumlah peserta didik 5 orang, kategori praktis diperoleh rata-rata 47,47 (presentase 79,12%) dengan jumlah peserta didik 19 orang, dan kategori sangat praktis diperoleh rata-rata 53,83 (presentase 89,72%) dengan jumlah peserta didik 6 orang. Berdasarkan perolehan data hasil angket kepraktisan LKPD oleh peserta didik memiliki rata-rata 47,3 (presentase 78,83%) dengan kategori praktis karena $70 < N \leq 85$. Untuk hasil angket kepraktisan LKPD oleh guru dari indikator, penggunaan (*usable)* diperoleh rata-rata 3.37 (presentase 84,37), kemudahan penggunaan *(easy to use)* diperoleh rata-rata 4 (presentase 100%) dan efisiensi waktu pertemuan diperoleh rata-rata 3 (presentase 75%). Hasil angket kepraktisan LKPD oleh guru dari setiap indikator diperoleh rata-rata 52 (presentase 86,66%) dengan kriteria sangat praktis karena $85< \mathrm{N} \leq 100$. Penilaian minat

dilakukan dengan mengisi angket di awal dan akhir pembelajaran. Peningkatan minat belajar diukur menggunakan rumus *Normalized Gain* (*N-Gain*).

Tabel 1. Perhitungan Hasil Data Minat Belajar Matematika per Indikator

Aspek	Angket 1	Angket 2	Nilai Maks	Presentase		*N-Gain*	Kriteria
				Angket 1	Postest		
Rasa tertarik	336	405	480	70%	84,37%	0,47	Sedang
Perhatian	358	402	480	74,58%	83,75%	0,39	Sedang
Perasaan senang	254	298	360	72,77%	82,77%	0,41	Sedang
Keinginan/Kesadaran	333	387	480	69,37%	80,62%	0,36	Sedang

Pengukuran minat belajar pada setiap aspek, yang dihitung menggunakan rumus N-Gain (Fadhilla, *et al.*, 2023), menunjukkan: 1) Indikator rasa tertarik meningkat sebesar 0,47, berada dalam kategori sedang, 2) Indikator perhatian meningkat sebesar 0,39, tergolong kategori sedang, 3) Indikator perasaan senang meningkat sebesar 0,41, tergolong kategori sedang, dan 4) Indikator keinginan/kesadaran meningkat sebesar 0,36, juga tergolong dalam kategori sedang. Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa LKPD berbasis etnomatematika yang didukung oleh *Class Point* dapat meningkatkan minat belajar matematika siswa



Gambar 3. Diagram Hasil Peningkatan Minat Belajar Peserta Didik

.

Evaluasi (Evaluation)

Menurut Dandi&Dwi (2020), tahapan evaluasi dilakukan untuk menilai LKPD dengan melakukan penilaian oleh ahli materi dan media, serta mengumpulkan tanggapan mengenai kepraktisan LKPD dan angket keefektifan LKPD yang mengevaluasi peningkatan minat belajar matematika peserta didik. Menurut kriteria skor *N-Gain*, LKPD yang dikembangkan dianggap efektif jika skor *N-Gain* > 0,3, yang termasuk dalam kategori sedang atau tinggi (Anggie & Rusly, 2021). Hasil uji coba lapangan menunjukkan peningkatan signifikan dalam minat belajar siswa. Rata-rata skor minat belajar sebelum LKPD dibagikan (angket 1) adalah 320,25 (persentase 71,16%), yang dikategorikan rendah. Sebaliknya, setelah LKPD dibagikan (angket 2), skor minat belajar meningkat menjadi 373 (persentase 82,88%), yang masuk dalam kategori tinggi. Dengan demikian, LKPD berbasis etnomatematika yang dibantu oleh *ClassPoint* terbukti efektif dalam meningkatkan minat belajar matematika peserta didik.

KESIMPULAN

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Etnomatematika Berbantuan *Classpoint* dikategorikan valid, praktis dan efektif. LKPD dikatakan valid berdasarkan penilaian ahli materi dan ahli media. Skor validasi dari ahli materi memiliki rata-rata nilai 56,95 (presentase 81,35%),

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

tergolong kategori sangat valid sedangkan dari ahli media memiliki rata-rata nilai 45,64 (presentase 76,06), tergolong kategori valid. Skor praktis diperoleh dari angket respon guru yang memiliki total nilai 52 (presentase 86,66%), tergolong sangat praktis dan angket respon peserta didik memiliki rata-rata nilai 47,3 (presentase 78,83%), tergolong praktis. LKPD dikategorikan efektif berdasarkan peningkatan minat belajar peserta didik, dimana minat belajar peserta didik sebelum menggunakan LKPD *(angket 1)* sejumlah 320,25 (presentase 71,16%) dan setelah enggunakan LKPD *(angket 2)* sejumlah 373 (presentase 82,88) sera hasil angket minat belajar $\geq 75{,}01\%$ (kategori tinggi). Peningkatan minat belajar peserta didik sebelum dan sesudah menggunakan LKPD yang dihitung dengan rumus *N-Gain* diperoleh rata-rata nilai 0,40 (kategori sedang).

DAFTAR PUSTAKA

Anggie Bagoes Kurniawan dan Rusly Hidayah. (2021). Efektivitas Permainan Zuper Abase Berbasis Android Sebagai Media Pembelajaran Asam Basa . *Jurnal Penelitian Pendidikan Matematika Dan Sains* , 92-97.

Annis Deshinta Ayuningtyas, Dafid Slamet Setiana. (2019). Pengembangan Bahan Ajar Matematika

Aryati, L. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran dengan Pendekatan STEM pada Materi Barisan dan Deret. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.Berbasis Etnomatematika Kraton Yogyakarta. *Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11-19.

Aprijal, Alfian, Syarifuddin. (2020). Pengaruh Minat Belajar Peserta didik Terhadap Hasil Belajar Peserta didik Di Madrasah Ibtidaiyah Darussalam Sungai Salak Kecamatan Tempuling. *Jurnal Mitra PGMI*, 76-91.

Benny Sofyan Samosir, Nursahara, Ahmad Fadil Pohan. (2020). Upaya Meningkatkan Minat Belajar Matematika Menggunakan Model Pembelajaran (Pakem) Di SMA Negeri 2 Siabu. *Jurnal Karya Pendidikan Matematika*, 14-21.

Christ Sarah, I Nyoman Karma, Awal Nur Kholifatur Rosyidah. (2021). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Minat Belajar Peserta didik Pada Mata Pelajaran Matematika Di Gugus III Cakranegara. *Jurnal Progres Pendidikan*, 13-19.

Dandi Mifta Abdillah, Dwi Astuti. (2020). Pengembangan lembar kerja peserta didik berbasis problem-based learning pada topik sudut. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 190-200.

Eliyati Viranda, Metrilitna Br Sembiring, Dhia Octariani, Isnaini Halimah Rambe. (2022). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Minat Belajar Peserta Didik Kelas XI SMK. *Journal Of Mathematics Education And Science*, 98-103.

Fadhilla Maharani, Arjudin, Dwi Novitasari, Sri Subarinah. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Problem Based Learning Berorientasi Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMK . *Media Pendidikan Matematika*, 19-30.

Fransiska Anggraini, Aren Frima, Andri Valen. (2022). Pengembangan Lembar Kerja Pada Pembelajaran Tematik Berbasis Kearifan Lokal Peserta didik. *Jurnal Basicedu*, 2883 - 2891.

Friska Mega Putri, Safrizal. (2023). Faktor Penyebab Rendahnya Minat Belajar Peserta didik Dalam Pembelajaran Matematika Kelas VI SD Nageri 12 Baruh-Bukit. *Jurnal Riset Madrasah Ibtidaiyah (JURMIA)*, 66-77.

Fuadah, S. (2020). Efektivitas Pembelajaran Al. *Jurnal Pendidikan Bahasa Arab* , 71-92.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Isdayanti, Ardian Trio Wicaksono, Helda Rahmawati. (2022). Pengaruh Penggunaan Worksheet Materi Asam Basa Berbasis Kearifan Lokal Terhadap Hasil Belajar Peserta didik . *Al Kawnu: Science And Local Wisdom Journal* , 74-81.

Lala Shofhatun Nida, Cucun Sunaengsih, Dety Amelia Karlina. (2023). Pengembangan E-Lkpd Berbasis Fun Learning pada Materi Nilai-Nilai Pancasila untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa Kelas Vi. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Madrasah Ibtidaiyah*, 194-207.

Lia Hariski Rahmawati, Siti Sri Wulandari. (2020). Pengembangan Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) Berbasis Scientific Approach Pada Mata Pelajaran Administrasi Umum Semester Genap Kelas X OTKP Di SMK Negeri 1 Jombang. *Jurnal Pendidikan Administrasi Perkantoran (JPAP)*, 504-515.

Merliza, P. (2021). Studi Etnomatematika: Eksplorasi Konsep Matematika Pada Permainan Tradisional Provinsi Lampung. *Suska Journal Of Mathematics Education*, 21-30.

Nur Oktavia Melinda, Rezi Ariawan. (2021). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika Dengan Pendekatan Realistic Mathematics Education (RME) pada Materi Prisma Dan Limas Kelas VIII SMP. *Jurnal Absis*, 380-391.

Pulungan, M., Usman, N., Suratmi, S., Suganda M, V. A., & Harini, B. (2020). Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) pada Pembelajaran Tematik Kurikulum 2013. Jurnal Inovasi Sekolah Dasar, 7(1), 29–36.

Putri Zudhah Ferryka ,Yuliana, Delta Ramawati . (2024). Pengembangan LKPD Berbasis Masalah Untuk Meningkatkan Minat Belajar Peserta Didik Kelas Iv Tahun Pelajaran 2023/2024 . *Jurnal Nakula : Pusat Ilmu Pendidikan, Bahasa Dan Ilmu Sosial* , 362-271.

Riska Meyanti, Y. B. (2019). Optimalisasi Minat Belajar Peserta didik Melalui Model Pembelajaran Problem Solving. *Proceedings International Conference On Teaching And Education (Icote)* (Pp. 262-266). Pontianak: FKIP Universitas Tanjungpura.

Tatang Supriatna, Rasya Asri Ramdani, Adi Nurjaman. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Menggunakan Model Problem Based Learning Berbantuan Liveworksheets Pada Materi Aritmatika Sosial. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif* , 2173-2182.

Winda Safitri, Hanifah, Rusdi. (123-135). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Dengan Menggunakan Model Discovery Learning Yang Terintegrasi Nilai-Nilai Islam Pada Materi Lingkaran Di Kelas VIII SMP NEGERI 12 Kota Bengkulu . *Jurnal Penelitian Pembelajaran Matematika Sekolah*, 2020.

Wisnu Siwi Satiti, Arina Hidayati, M. Qoyum Zuhriawan. (2023). Pengembangan LKPD Berbasis Inkuiri Pada Materi Aritmatika Sosial Untuk Peserta Didik Kelas VII. *Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 71-84.

Yaatulo Hulu, Yakin Niat Telaumbanua. (2022). Analisis Minat Dan Hasil Belajar Siswa Menggunakan Model Pembelajaran Discovery Learning. *Jurnal Pendidikan*, 283-190.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengaruh Model Pembelajaran *Numbered Head Together* Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa

Frisca Yuwinda[1*], & E Elvis Napitupulu[2]
[1,2]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author:friscayuwinda1820@gmail.com*

Abstrak, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah keterampilan bernalar kritis matematis siswa yang diajar menggunakan model pembelajaran Numbered Head Together (NHT) lebih baik dibandingkan dengan model pembelajaran konvensional, serta untuk mengetahui dampak model NHT terhadap keterampilan tersebut. Penelitian dilakukan di SMP Negeri 4 Tanjung Morawa tahun ajaran 2024/2025 dengan metode quasi eksperimen. Sampel terdiri dari 72 siswa kelas VIII, dengan kelas VIII-A sebagai kelas eksperimen dan VIII-C sebagai kelas kontrol. Instrumen yang digunakan adalah 3 soal uraian. Hasil uji t menunjukkan bahwa thitung (7,472) > ttabel (1,667), sehingga dapat disimpulkan bahwa model NHT secara signifikan lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan bernalar kritis matematis siswa dibandingkan model konvensional.
Kata kunci: *Berpikir Kritis Matematis; Model Pembelajaran NHT; Numbered Head Together*

Abstract, *this study aims to determine whether students' mathematical critical reasoning skills are better when taught using the Numbered Head Together (NHT) learning model compared to the conventional learning model, as well as to examine the impact of the NHT model on these skills. The research was conducted at SMP Negeri 4 Tanjung Morawa in the 2024/2025 academic year using a quasi-experimental method. The sample consisted of 72 eighth-grade students, with class VIII-A as the experimental group and VIII-C as the control group. The instrument used was 3 essay-type questions. The t-test results showed that tcount (7.472) > ttable (1.667), indicating that the null hypothesis was rejected and the alternative hypothesis was accepted. Therefore, it can be concluded that the NHT learning model is significantly more effective in enhancing students' mathematical critical reasoning skills compared to the conventional model*
Keywords*: Mathematical Critical Thinking; NHT Learning Model; Numbered Head Together*

Citation : Yuwinda, F., & Napitupulu, E. E.. (2024). Pengaruh Model Pembelajaran Numbered Head Together Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 737 – 744

PENDAHULUAN

Disiplin ilmu yang diberikan di sekolah sangatlah bermacam-macam, diantaranya merupakan matematika. Matematika adalah disiplin ilmu yang wajib diberikan di seluruh tingkat pendidikan serta menyandang fungsi yang amat fundamental untuk menaklukan bidang IPTEK. Mashuri (2019:1) menginformasikan bahwa matematika sebagai disiplin ilmu global yang memiliki kegunaan yang esensial dalam banyak bidang dan peningkatan pemikiran individu, dan juga dalam latar belakang penyempurnaan teknologi terbaru. Sehingga, pengajaran matematika harus diwajibkan untuk seluruh siswa baik dari tingkat dasar hingga menengah atas, supaya siswa memperoleh keterampilan bernalar masuk akal, mendalam, tidak acak-acakan, kritis, dan inovatif sehingga dapat menyelesaikam permasalahan sehari-hari.

Ennis (1991:6) menginformasikan bahwa bernalar kritis merupakan pemikiran rasional dan bijaksana yang memiliki fokus pada pengambilan kesimpulan terkait apa yang wajib dipercayai dan dikerjakan. Permendiknas nomor 21 tahun 2016 terkait standar isi pendidikan dasar dan menengah,

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

berisi tentang beberapa muatan yang wajib ada dalam kompetensi belajar matematika. Diantaranya yaitu memiliki kemampuan bernalar, pengolahan, dan penyajian dengan kritis dalam kompetensi pokok bagian kemampuan untuk jenjang dasar hingga menengah. Kemudian, Ariadila et al. (2023:664) mengemukakan bahwa didalam dunia edukasi, keterampilan bernalar kritis adalah hal yang sangat esensial untuk mampu dilakukan anak didik. Anak dengan keterampilan bernalar kritis lebih dapat memahami prinsip dan persoalan yang diberikan dalam kegiatan belajar serta memahami bagaimana mengaplikasikan prinsip tersebut dalam keadaan real. Berdasarkan hal tersebut, keterampilan bernalar kritis wajib dipupuk sejak dini.

Saat siswa memperoleh keterampilan tertentu atau yang biasa disebut sebagai indikator, maka ia dianggap telah mengembangkan keterampilan bernalar kritis pada saat kegiatan belajar matematika. Facione (2015:5) menjelaskan, ada enam indikator bernalar kritis: interpretasi, analisis, evaluasi, kesimpulan, penjelasan, dan pengaturan diri. Interpretasi yaitu keterampilan agar mengerti dan mengungkapkan arti. Analisis yaitu proses menemukan kebersangkutan antara fakta dan permasalahan dengan menggunakan berbagai prinsip yang diperlukan. Evaluasi mengacu pada penilaian kredibilitas dan kekuatan masuk akal dari pernyataan. Inferensi yaitu mengambil kesimpulan yang masuk akal, eksplanasi yaitu keterampilan menerangkan prinsip atau gagasan dengan jelas serta efektif, dan regulasi diri yaitu keterampilan mengarahkan dan mengontrol proses bernalar individu.

Dengan berlandaskan hal tersebut, dalam disiplin ilmu matematika, keterampilan bernalar kritis sangat esensial dimiliki peserta didik. Sayangnya, fakta yang terjadi tidak seperti apa yang diinginkan. Keterampilan bernalar kritis siswa di Indonesia masih menduduki tingkatan yang sangat rendah. Rendahnya kekemampuan bernalar kritis siswa Indonesia bisa dilihat pada rendahnya perolehan studi *Programme for International Student Assessment* (PISA) tahun 2022 yaitu Indonesia menduduki tingkat 69 dari 81 negara peserta dengan nilai 366. Selanjutnya, berdasarkan perolehan observasi peneliti telah laksanakan pada kelas VIII di SMP Negeri 4 Tanjung Morawa, diketahui bahwa hasil keterampilan bernalar kritis matematis siswa masih berada pada tingkatan yang sangat rendah dengan persentase 27,82% dengan rincian per indikator yakni keterampilan interpretasi sebesar 23,39% kategori sangat rendah, keterampilan analisis sebesar 26,61% kategori sangat rendah, keterampilan evaluasi sebesar 56,05% kategori rendah, dan keterampilan inferensi sebesar 5,65% kategori sangat rendah.

Sesuai dengan hasil wawancara dengan seorang pengajar Matematika di SMP Negeri 4 Tanjung Morawa, hal yang membuat tidak tingginya keterampilan bernalar kritis matematis peserta didik tersebut diduga disebabkan oleh pelaksanaan kegiatan belajar matematika di SMP Negeri 4 Tanjung Morawa yang masih menggunakan sistem *transfer of knowledge* yakni pengajar menyalurkan materi kegiatan belajar di depan kelas, memberikan contoh soal yang relevan dan memberikan soal latihan yang mirip dengan contoh soal tersebut atau dengan kata lain kegiatan belajar masih berpijak pada guru (model kegiatan belajar konvensional) dan menyebabkan peserta didik berperilaku pasif dalam menerima kegiatan belajar.

Dugaan itu didukung oleh pernyataan Sianturi et al. (2018:30) yakni kekurangan partisipasi siswa dalam proses kegiatan belajar menyebabkan rendahnya tingkat kemahiran bernalar kritis matematika di antara siswa, dengan beberapa dari mereka secara aktif menyuarakan pemikiran mereka dan mengajukan pertanyaan. Keadaan ini menampilkan bahwa sebagian besar siswa masih

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

mendapat kecondongan untuk hanya memperhatikan pengajar dan tidak menganalisis, mengkritik, mengevaluasi, atau mempertimbangkan kembali pelajaran yang diajarkan kepada mereka.

Akibatnya, perlu dilakukan upaya untuk memilih model kegiatan belajar terbaik untuk menambah kualitas keterampilan beenalar kritis siswa dalam matematika. Rusdiana & Sucipto (2018:28) menyatakan bahwa menggunakan paradigma kegiatan belajar kooperatif adalah satu dari banyak metode kegiatan belajar alternatif yang memungkinkan siswa untuk meningkatkan keterampilan bernalar kritis mereka. Selanjutnya, penggunaan kegiatan belajar *Numbered Head Together* (NHT) adalah paradigma kegiatan belajar kooperatif yang tepat agar menambah tingkat keterampilan bernalar kritis dan kemandirian belajar siswa, menurut Lubis et al. (2020:379). Menurut Kagan & Kagan (2009:133), dengan memanfaatkan NHT siswa dapat melatih kemampuan dalam membangun pengetahuan, menentukan keputusan, bekerja dalam kelompok, komunikasi, memproses data, kemampuan bernalar kritis, dan menunjukkan data.

Pendekatan kegiatan belajar *Numbered Head Together* memiliki 7 fase dalam sintaksnya: (1) menomori setiap peserta didik (*numbering*); (2) pengajar menyajikan pertanyaan dan menyediakan waktu untuk refleksi (*questioning*); (3) peserta didik menulis pemecahan persoalan secara individu; (4) para peserta didik menyatukan kepala (*heads together*) dengan saling memaparkan pemecahan persoalan, berdiskusi, dan saling memberikan pengajaran; (5) peserta didik berhenti diskusi saat seluruh anggota dalam grup sudah paham pemecahan persoalannya atau mempunyai kesimpulan agar dapat dipaparkan; (6) pengajar memanggil satu nomor untuk menyampaikan pemecahan persoalan yang telah didapat kelompoknya (*Answering*), peserta didik lain yang memiliki nomor yang sama menyampaikan tanggapan; (7) teman-teman yang lain memberikan tepuk tangan untuk peserta didik yang sudah menyampaikan pemecahan persoalan dan tanggapan (Kagan & Kagan, 2009:152).

Sesuai dengan langkah-langkah tersebut, keterampilan bernalar kritis mampu dilatih pada langkah ke-2 hingga ke-6. Pada langkah ke-2 hingga ke-4 diharapkan bisa mengembangkan keterampilan interpretasi, analisis dan evaluasi dengan pertanyaan tingkat tinggi dan juga faktor metakognisi serta *scaffolding*. Selanjutnya pada langkah ke-5 hingga ke-6 diharapkan bisa mengembangkan keterampilan inferensi. Berlandaskan dengan latar belakang masalah yang sudah dipaparkan, maka dilakukan riset agar mengetahui bagaimana pengaruh model kegiatan belajar *Numbered Head Together* (NHT) terhadap keterampilan berpikir kritis matematis peserta didik.

METODE PENELITIAN

Riset ini dilakukan di SMP Negeri 4 Tanjung Morawa, tepatnya di Jl. Sultan Serdang, Pasar V, Telaga sari, Kec. Tanjung Morawa, Kab. Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara. Waktu pelaksanaan riset ini yaitu pada semester ganjil Tahun Ajaran 2024/2025. Populasi dalam riset ini adalah sebanyak 300 peserta didik yakni seluruh peserta didik kelas VIII SMP Negeri 4 Tanjung Morawa Tahun Ajaran 2024/2025 yang tersebar dalam 9 kelas. Sampel pada riset ini dipilih dua kelas dari sembilan kelas melalui *Simple Random Sampling.* Sampel pada riset ini adalah 72 orang siswa yang terdistribusi dalam dua kelas yakni VIII-A sebanyak 36 orang dan VIII-C sebanyak 36 orang. Kelas pertama sebagai kelas eksperimen dan kelas kedua sebagai kelas kontrol. Jenis riset ini adalah riset *quasi eksperimen* (eksperimen semu) Desain riset yang digunakan adalah *Posttest-Only Control Design.* Jika kedua kelompok data berdistribusi normal dan homogen, maka akan diaplikasikan rumusan uji signifikan yaitu uji t. Dalam uji-t, "t" adalah suatu angka atau koefisien

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

yang dapat diartikan sebagai perbedaan rerata kedua kelompok sampel yang sedang diteliti (Sudijono, 2018:283).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Riset yang dilaksanakan di kelas VIII SMP Negeri 4 Tanjung Morawa ini menerapkan model kegiatan belajar yang tidak sama. Kelas eksperimen mengaplikasikan model kegiatan belajar *Numbered Head Together* (NHT) dan kelas kelas kontrol mengaplikasikan model kegiatan belajar konvensional. Pada riset ini, penulis hanya mengajar pada kelas eksperimen sebagai kelas yang diberi tindakan. Untuk kelas kontrol tetap diajar oleh guru matematika di kelas tersebut dengan mengimplementasikan model kegiatan belajar konvensional. Berikut ini deskripsi data masing-masing variabel:

Tabel 1 Data Nilai Postes Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

No	Statistik	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
1	Banyak Siswa	36	36
2	Jumlah Nilai	2931,25	2329,21
3	Rata-rata	81,42	64,70
4	Simpangan Baku	8,25	10,60
5	Varians	68,05	112,3
6	Maksimum	93,75	83,33
7	Minimum	62,50	43,75

Analisis data dilaksanakan menggunakan statistik parametrik dengan syarat pengujian data harus berdistribusi normal dan homogen. Oleh sebab itu, pengujian normalitas dilaksanakan menggunakan uji Lilliefors dan uji homogenitas data dilaksanakan menggunakan uji F. Setelah uji normalitas dan homogenitas dilaksanakan, didapatkan bahwa sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal serta kedua data berasal dari populasi dengan varians yang sama besar atau homogen.

Setelah diketahui bahwa kedua kelas sampel berdistribusi normal dan memiliki varians yang sama atau homogen, langkah berikutnya yakni melaksanakan uji hipotesis dengan mengaplikasikan uji t. Penilaian hipotesis ini dilakukan pada data postes yang diuji statistik satu pihak dengan menguji perbedaan rerata postes antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hipotesis pada riset ini adalah:

$H_0: \mu_1 \leq \mu_2$ Keterampilan bernalar kritis matematis peserta didik yang diberikan pengajaran melalui model kegiatan belajar *Numbered Head Together* tidak lebih baik atau sama dengan peserta didik yang diberikan pengajaran melalui model kegiatan belajar konvensional di kelas VIII SMP Negeri 4 Tanjung Morawa.

$H_1: \mu_1 > \mu_2$ Keterampilan bernalar kritis matematis peserta didik yang diberikan pengajaran melalui model kegiatan belajar *Numbered Head Together* lebih baik dibandingkan dengan peserta didik yang diberikan pengajaran melalui model kegiatan belajar konvensional di kelas VIII SMP Negeri 4 Tanjung Morawa.

Berdasarkan data hasil uji hipotesis diperoleh $t_{hitung} = 7{,}472$ dan $t_{tabel} = 1{,}667$ dengan $\alpha = 0{,}05$ dan dk = 70 dengan kriteria pengujian yaitu tolak H_0 jika $t_{hitung} > t_{tabel}$. Ini berarti bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima karena $7{,}472 > 1{,}667$ sehingga diperoleh kesimpulan bahwa keterampilan berpikir kritis matematis peserta didik yang diajar dengan model kegiatan belajar

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Numbered Head Together lebih baik jika dibandingkan dengan peserta didik yang diajar dengan model kegiatan belajar konvensional di kelas VIII SMP Negeri 4 Tanjung Morawa.

Kesimpulan tersebut didasarkan pada output pengujian hipotesis dengan mengaplikasikan uji-t, yang menampilkan adanya perbedaan signifikan antara keterampilan bernalar kritis matematis siswa yang diberikan pengajaran melalui model kegiatan belajar *Numbered Head Together* (NHT) dan siswa yang diberikan pengajaran melalui model kegiatan belajar konvensional. Menurut Salkind (2017:276), perbedaan signifikan ini terjadi karena pengaruh perlakuan yang diterapkan pada satu sampel, yang menghasilkan nilai yang lebih baik. Hal ini mengindikasikan bahwa model kegiatan belajar *Numbered Head Together* (NHT) berpengaruh positif terhadap keterampilan bernalar kritis matematis peserta didik.

Model kegiatan belajar *Numbered Head Together* (NHT) bukanlah hal baru dalam upaya mengembangkan keterampilan bernalar kritis matematis siswa, karena telah ada sejumlah penelitian yang membahas model ini. Riset yang dilaksanakan oleh Lubis et al. (2020) menginformasikan bahwa peningkatan keterampilan bernalar kritis matematis peserta didik melalui kegiatan belajar kooperatif tipe NHT lebih baik dan signifikan jika dibandingkan dengan model kegiatan belajar konvensional. Dalam penelitian tersebut, diperoleh nilai mean pretest kelas eksperimen yakni 66,59 dan kelas kontrol 65,00, sementara nilai rerata posttest untuk kelas eksperimen yakni 86,06 dan kelas kontrol 80,25. Hal ini menampilkan peningkatan yang sebanding dengan hasil yang didapat dalam riset ini.

Selanjutnya, riset oleh Setyorini et al. (2022) menunjukkan adanya pengaruh penggunaan model kegiatan belajar NHT terhadap keterampilan bernalar kritis anak didik kelas IV dalam bidang studi matematika di SD Negeri Siasem 03. Dalam penelitian ini, nilai mean pretest untuk kelas eksperimen adalah 23,55 dan untuk kelas kontrol 21,2, sedangkan nilai mean posttest untuk kelas eksperimen mencapai 50,85 dan untuk kelas kontrol 50,05. Dari hasil tersebut, terlihat bahwa rerata nilai posttest pada penelitian Setyorini et al. (2022) tidak banyak perbedaan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol, yang menampilkan bahwa riset ini menghasilkan peningkatan yang lebih baik.

Sesuai dengan pengamatan yang dilakukan peneliti, peserta didik yang diajarkan dengan model kegiatan belajar *Numbered Head Together* (NHT), baik yang memiliki keterampilan tinggi maupun rendah, tetap terlibat aktif dalam proses kegiatan belajar. Langkah-langkah dalam model kegiatan belajar NHT mendorong siswa untuk bekerja sama dengan teman sekelompoknya. Tahapan-tahapan dalam model ini memberikan kesempatan untuk anak didik agar berbagi gagasan dan menelaah jawaban yang benar secara kolaboratif.

Sintaks atau tahapan kegiatan belajar dalam model kegiatan belajar *Numbered Head Together* (NHT) terdiri atas 7 tahap. Sebelum memasuki tahap pertama, terlebih dahulu peneliti membentuk enam kelompok yang masingmasing berisi enam siswa dengan tingkat keterampilan yang berbeda. Pembentukan kelompok ini dibantu oleh pengajar mata pelajaran matematika mereka yang telah mengetahui karakteristik setiap siswa di kelas eksperimen. Setelah pembentukan kelompok, pada tahap pertama sintaks NHT yaitu penomoran siswa, peneliti memberikan kertas dengan bernomor 1 sampai 6 untuk setiap kelompok sehingga setiap kelompok memiliki anggota yang bernomor 1, 2, 3, 4, 5 dan 6.

Pada tahap kedua yaitu pengajar mengajukan masalah dan dalam hal ini peneliti menyerahkan lembar kerja peserta didik (LKPD) yang berisi masalah matematika tingkat tinggi. Pemberian permasalahan tingkat tinggi dilakukan untuk melatih keterampilan berpiki kritis matematis siswa.

Selanjutnya pada tahap ketiga yaitu siswa mencoba mencari jawaban atas permasalahan yang diberikan secara pribadi, terlihat bahwa banyak terdapat peserta didik yang mengalami kesulitan dalam mencoba memahami persoalan yang disajikan, beberapa siswa bahkan terlihat tidak mengerti sama sekali dengan permasalahan yang diberikan. Pada tahap inilah siswa melibatkan faktor metakognisi yaitu siswa menanamkan kesadaran diri bahwa mereka kesulitan dalam menyelesaikan permasalahan, mereka tidak bisa memahami maksud permasalahan, dan lain-lain.

Seorang peserta didik berada dalam ZPD (Zona Perkembangan Proksimal) ketika metakognisi hadir dan pelajar menyadari bahwa dia mengalami kesulitan menjawab (Murod, 2015:706). *Zone of Proximal Development* (ZPD) yaitu jarak antara keterampilan real seorang individu dan potensi maksimumnya. Sebabnya, pada tahap keempat yaitu siswa menyatukan kepala (*heads together*) berkesinambungan dengan ide ZPD pada langkah sebelumnya, dimana Santrock (dalam Jelatu, 2018:24) mengemukakan bahwa *Scaffolding*, metode untuk menyesuaikan tingkat dukungan, dan konsep ZPD berkaitan erat. *Scaffolding* adalah teknik yang digunakan dalam proses kegiatan belajar yang memaksimalkan peran individu yang lebih berpengetahuan (pengajar dan teman sebaya) untuk membimbing siswa sesuai dengan tingkat kinerja mereka. Oleh sebab itu, pada langkah ke-empat yaitu *heads together*, siswa bersama-sama menyelesaikan persoalan yang disajikan dengan menyatukan pendapat masing-masing.

Dalam hal ini, peran anak didik dengan keterampilan tinggi sangat penting karena bisa menolong siswa dengan keterampilan rendah untuk memahami dan juga menyelesaikan persoalan yang diberikan. Selain itu, peran peneliti sebagai pengajar juga sangat penting pada tahap ini karena peneliti juga memberikan bantuan kepada setiap kelompok untuk dapat menyelesaikan permasalahan yang diberikan.

Bantuan yang diberikan guru juga berbeda-beda pada setiap individu maupun kelompok tergantung pada tingkat pemahaman mereka terkait permasalahan yang akan diselesaikan. Untuk individu atau kelompok dengan keterampilan rendah, guru memberikan bantuan lebih banyak yaitu dengan memberikan berbagai contoh relevan agar mereka dapat menghubungkannya dengan permasalahan yang akan diselesaikan. Untuk individu atau kelompok dengan keterampilan tinggi, guru memberikan bantuan melalui pertanyaan yang dapat mengarahkan pengetahuan mereka pada jawaban yang diharapkan.

Berdasarkan tahapan-tahapan NHT dari tahap pertama sampai ke-empat, keterampilan bernalar kritis matematis siswa dilatih melalui tahap kedua sampai tahap ke-empat dimana hal ini juga didukung oleh LKPD yang diberikan karena didalam LKPD siswa sudah diarahkan untuk menyelesaikan permasalahan sesuai dengan indikator keterampilan bernalar kritis matematis yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi.

Pada tahap ke-lima yaitu siswa menyelesaikan diskusi dan semua anggota pada kelompok sudah mengetahui jawaban permasalahan dan juga kesimpulan untuk dibagikan. Pada tahap ini terlihat semua siswa terdorong untuk dapat memahami jawaban dan kesimpulan dari permasalahan yang diberikan karena dipengaruhi oleh kemungkinan nomor mereka yang akan terpanggil. Selanjutnya, pada tahap ke-enam yaitu pengajar memanggil satu nomor untuk memaparkan jawaban kelompoknya dan peserta didik lain dengan nomor yang sama menyanlaikan tanggapan. Dalam tahap ini, peneliti melakukan pengundian nomor menggunakan *website wheelofnames* yaitu roda pengundian online. Penggunaan pengundian ini menambah antusias siswa karena siswa menjadi penasaran dengan nomor siapa yang akan terpanggil. Setelah terpilih satu nomor, maka semua

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

siswa dengan nomor tersebut diminta berdiri untuk kemudian diundi sekali lagi nomor dari kelompok mana yang akan menyampaikan kesimpulan hasil diskusi mereka dan peserta didik lain dengan nomor yang sama akan menyampaikan tanggapan apakah kesimpulan yang diberikan sudah sesuai atau belum. Setelah itu, pada tahap ke-tujuh yaitu teman sekelas memberikan tepuk tangan untuk peserta didik yang telah memaparkan jawaban dan tanggapan. Berdasarkan sintaks ke-lima dan ke-enam, peserta didik dilatih untuk menyimpulkan permasalahan dimana hal ini dapat meningkatkan keterampilan inferensi siswa.

Berdasarkan *posttest* keterampilan bernalar kritis matematis siswa, diperoleh persentase tiap indikator keterampilan bernalar kritis matematis yang menunjukkan bahwa pada kelas eksperimen, persentase keterampilan interpretasi masalah yaitu sebesar 82,2% kategori sangat tinggi, persentase keterampilan analisis masalah yaitu sebesar 81,9 kategori sangat tinggi, persentase keterampilan evaluasi masalah yaitu sebesar 84% kategori sangat tinggi, dan persentase keterampilan inferensi masalah yaitu sebesar 77,5% kategori tinggi. Dari persentase tersebut terlihat bahwa model kegiatan belajar *Numbered Head Together* (NHT) dapat melatih dan meningkatkan keterampilan bernalar kritis matematis siswa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil riset dan pengolahan data maka dapat diambil kesimpulan bahwa keterampilan benalar kritis matematis peserta didik yang diberikan pengajaran melalui model kegiatan belajar *Numbered Head Together* (NHT) lebih baik dibandingkan dengan peserta didik yang diberikan pengajaran melalui model kegiatan belajar konvensional di SMP Negeri 4 Tanjung Morawa. Hal ini ditunjukkan melalui hasil uji-t satu pihak yang memperoleh $7{,}472 > 1{,}667$ dimana $t_{hitung} > t_{tabel}$ atau dengan kata lain H_0 ditolak dan H_1 diterima. Sesuai dengan langkah-langkah model kegiatan belajar *Numbered Head Together* (NHT) yang terdiri atas 7 langkah yaitu (1) Setiap peserta didik diberi nomor (*numbering*); (2) Pengajar menyampaikan persoalan dan menyediakan waktu untuk berpikir (*questioning*); (3) Peserta didik menulis pemecahan persoalan secara individu; (4) Para peserta didik menyatukan kepala (*heads together*) dengan memaparkan pemecahan persoalan, berdiskusi, dan saling mengajarkan; (5) Peserta didik berhenti diskusi ketika seluruh anggota dalam grup telah memahami pemecahan persoalannya atau memiliki kesimpulan untuk dipaparkan; (6) Pengajar menyebutkan satu nomor untuk menyampaikan pemecahan persoalan yang telah didapat kelompoknya (*Answering*), peserta didik lain dengan nomor yang serupa memaparkan tanggapan; (7) Teman sekelas memberikan tepuk tangan untuk peserta didik yang sudah memaparkan pemecahan persoalan dan tanggapan. Keterampilan bernalar kritis dapat ditingkatkan dengan langkah ke-2 hingga ke-6 melalui pertanyaan tingkat tinggi dan faktor metakognisi serta *scaffolding*.

DAFTAR PUSTAKA

Ennis, R. (1991). Critical Thinking: A Streamlined Conception. *Teaching Philosophy*, *14*(1), 5–24.

Facione, P. A. (2015). *Critical Thinking : What It Is and Why It Counts*.

Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2016 Tentang Standar Isi Pendidikan Dasar dan Menengah, Nomor 21 Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia 1 (2016).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Jelatu, S. (2018). Scaffolding Dalam Pembelajaran Matematika: Optimalisasi Peran Guru Sebagai Fasilitator. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika II STKIP Santu Paulus*.

Kagan, S., & Kagan, M. (2009). *Kagan Cooperative Learning*. San Clemente: Kagan Publisher.

Lubis, R., Harahap, T., & Nasution, D. P. (2020). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis dan Kemandirian Belajar Siswa Melalui Pembelajaran Kooperatif Tipe-NHT. *Jurnal Education and Development*, *8*(4), 378–384. https://doi.org/10.37081/ed.v8i4.2133

Mashuri, S. (2019). *Media Pembelajaran Matematika*. Yogyakarta: Deepublish.

Murod, R. R. (2015). Pendekatan Pembelajaran Metacognitive Scaffolding dengan Memanfaatkan Multimedia Interaktif untuk Meningkatkan Literasi Matematis Siswa SMA. *Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika UNY*, 705–712.

Rusdiana, E., & Sucipto. (2018). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Melalui Penerapan Model Cooperative Learning Tipe Group Investigation (Studi Pada Siswa SMK Dr. Soetomo Surabaya). *Jurnal Ilmiah: Soulmath*, *6*(1), 25–36. http://dx.doi.org/10.25139/sm.v6i1.925

Salkind, N. J. (2017). *Statistics for People Who (Think They) Hate Statistics* (6th Editio). California: SAGE Publications.

Setyorini, N. A., Pranoto, B. A., & Triputra, D. R. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Nht Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Keaktifan Peserta Didik. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, *8*(16), 426–437. https://doi.org/10.5281/zenodo.7067925

Sianturi, A., Sipayung, T. N., & Argareta, M. (2018). Pengaruh Model Problem Based Learning (PBL) Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa SMPN 5 Sumbul. *UNION: Jurnal Pendidikan Matematika*, *6*(1), 29–42. https://doi.org/10.30738/.v6i1.2082

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Peran Pendekatan Pembelajaran Matematika Realistik melalui Budaya Melayu pada Pembelajaran Matematika

Hijrah Hidayah Nasution
Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author:hijrahidayahnstt@umsu.ac.id*

Abstrak, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji peran pendekatan pembelajaran matematika realistik yang dikaitkan dengan budaya Melayu dalam proses belajar matematika. Indonesia memiliki keragaman suku dan budaya yang kaya, dengan tradisi yang diwariskan secara turun-temurun di setiap daerah. Oleh karena itu, upaya pelestarian budaya menjadi tanggung jawab bersama. Matematika sendiri merupakan disiplin ilmu yang berkembang seiring dengan budaya, sehingga tidak dapat dipisahkan dari unsur budaya. Dalam penelitian ini, budaya Melayu yang dijadikan pendekatan adalah tradisi nasi hadap-hadapan. Metode penelitian yang digunakan bersifat kepustakaan, dengan menelaah bagaimana tradisi tersebut dapat diterapkan dalam pembelajaran matematika melalui pendekatan pembelajaran matematika realistik. Data diperoleh dari berbagai sumber ilmiah, seperti buku, jurnal, dan artikel yang relevan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mengintegrasikan budaya Melayu dalam pembelajaran matematika melalui pendekatan realistik dapat meningkatkan motivasi belajar siswa serta memperkuat identitas budaya mereka. Kesimpulannya, budaya Melayu berperan penting dalam menciptakan pengalaman belajar matematika yang lebih kontekstual, bermakna, dan menyenangkan bagi siswa.
Kata kunci : *Pendekatan PembelajaranMatematika Realistik, Budaya Melayu, Pembelajaran Matematika*

Abstract, *this study aims to examine the role of a realistic mathematics learning approach associated with Malay culture in the process of learning mathematics. Indonesia has a rich diversity of tribes and cultures, with traditions passed down from generation to generation in each region. Therefore, efforts to preserve culture are a shared responsibility. Mathematics itself is a discipline that develops along with culture, so it cannot be separated from cultural elements. In this study, the Malay culture used as an approach is the tradition of nasi hadap-hadapan. The research method used is library research, by examining how this tradition can be applied in mathematics learning through a realistic mathematics learning approach. Data were obtained from various scientific sources, such as books, journals, and relevant articles. The results of the study show that integrating Malay culture in mathematics learning through a realistic approach can increase students' learning motivation and strengthen their cultural identity. In conclusion, Malay culture plays an important role in creating a more contextual, meaningful, and enjoyable mathematics learning experience for students.*
Keywords*: Realistic Mathematics Learning Approach, Malay Culture, Mathematics Learning*

Citation : Nasution, H. H. (2024). Peran Pendekatan Pembelajaran Matematika Realistik melalui Budaya Melayu pada Pembelajaran Matematika. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 745 – 755

PENDAHULUAN

Matematika memiliki peran krusial dalam aktivitas sehari-hari, terutama dalam kegiatanperhitungan, pengukuran, evaluasi, dan prediksi yang menggunakan berbagai simbol. Meskipun peradaban manusia terus berkembang pesat, matematika tetap menjadi disiplin ilmu yang mendasar dalam sistem pendidikan di seluruh dunia (Oktalia, 2019). Hal ini selaras dengan pendapat Septian et al. (2020), yang mengatakan matematika telah memberikan kontribusi besar terhadap

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

perkembangan peradaban manusia. Kemajuan di bidang sains dan teknologi saat ini juga sangat bergantung pada matematika, yang berfungsi sebagai fondasi utama bagi kedua bidang tersebut.

Matematika dipelajari di setiap tingkat pendidikan, mulai dari sekolah dasar hingga universitas. Pendidikan sendiri merupakan faktor krusial dalam menentukan kemajuan suatu bangsa. Oleh karena itu, untuk memperoleh Sumber Daya Manusia (SDM) yang berkualitas sebagai agen pembangunan, diperlukan pendidikan yang baik. Namun, di Indonesia, matematika masih dianggap sebagai mata pelajaran yang sulit dan kurang diminati oleh siswa. Salah satu penyebabnya adalah suasana belajar di kelas yang kurang menarik, sehingga siswa menjadi kurang antusias dalam mengikuti pelajaran.

Kesalahan yang sering terjadi dalam mempelajari matematika adalah. asumsi bahwa konsep-konsep abstrak yang dijelaskan guru dapat dengan mudah dipahami oleh siswa. Guru sering kali mengabaikan tantangan yang dihadapi siswa, dengan anggapan bahwa pemahaman akan terbentuk hanya melalui penjelasan di papan tulis. Akibatnya, metode pembelajaran yang digunakan cenderung konvensional, dengan peran guru yang lebih mendominasi, sementara siswa. berperan pasif. Proses pembelajaran berpusat pada guru dengan model transfer pengetahuan secara langsung, sehingga pemahaman siswa bersifat mekanistik dan instrumental. Dalam kondisi seperti ini, siswa cenderung diam dan hanya fokus terhadap materi yang disampaikan oleh guru tanpa disertai. keterlibatan aktif dalam pembelajaran.

Pada jenjang Sekolah Dasar, pembelajaran matematika seharusnya dihubungkan dengan pengalaman dalam aktivitas sehari-hari sehingga siswa dapat lebih. berminat dan menikmati proses belajar. Pendekatan ini memungkinkan mereka membangun pemahaman dasar yang kuat sebelum beralih ke konsep-konsep yang lebih abstrak di tingkat pendidikan berikutnya. Sejalan dengan pendapat Sajari et al. (2018), ketakutan berlebihan siswa terhadap matematika, yang dikenal sebagai fobia matematika, sering kali disebabkan oleh beberapa faktor, seperti penekanan berlebihan pada hafalan, tuntutan kecepatan dalam berhitung, metode pengajaran yang terlalu otoriter, kurangnya variasi dalam proses pembelajaran, serta tekanan tinggi terhadap pencapaian individu.

Berdasarkan hal tersebut, penting untuk menyusun metode pembelajaran yang mampu meningkatkan partisipasi aktif siswa., memotivasi mereka, dan menciptakan suasana belajar yang menyenangkan. Van Den Heuvel dalam Mulana (2021) mengidentifikasi empat pendekatan utama dalam pendidikan matematika, *pertama* mekanistik yaitu pendekatan tradisional berbasis pengalaman langsung, yang dimulai dari konsep sederhana hingga yang lebih kompleks, di mana siswa diperlakukan layaknya mesin dalam menerima informasi. *Kedua, e*mpiristik yaitu endekatan yang tidak secara langsung mengajarkan konsep matematika, melainkan membiarkan siswa menemukannya sendiri melalui proses matematisasi horizontal. *Ketiga*, strukturalistik yaitu endekatan yang menerapkan sistem formal, seperti dalam metode penjumlahan panjang, di mana siswa terlebih dahulu memahami konsep nilai tempat sebelum melanjutkan ke tahap selanjutnya melalui proses matematisasi vertikal. Kemudian yang *keempat,* realistik yaitu pendekatan yang memanfaatkan situasi nyata sebagai titik awal dalam proses pembelajaran memungkinkan siswa menemukan dan membangun konsep matematika melalui proses matematisasi horizontal dan vertikal.

Di antara keempat pendekatan tersebut, salah satu metode pembelajaran yang menekankan penerapan matematika dalam kehidupan sehari-hari adalah Pendekatan Pembelajaran Matematika Realistik (PMR). Pendekatan ini memandang matematika sebagai suatu aktivitas manusia yang mengutamakan partisipasi aktif siswa dalam mengeksplorasi dan menemukan konsep-konsep

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

matematika dan membangun pemahaman mereka sendiri. Dengan demikian, pembelajaran lebih berpusat pada siswa. Namun, pendekatan pembelajaran saja belum cukup untuk meningkatkan pemahaman konsep dan hasil belajar secara optimal. Guru sering kali dihadapkan pada tuntutan administratif serta padatnya materi pembelajaran, sehingga kurang memperhatikan strategi yang dapat membantu siswa memahami materi dengan lebih baik. Akibatnya, proses pembelajaran cenderung berfokus pada penyelesaian materi tanpa mempertimbangkan interaksi yang efektif antara guru dan siswa, sehingga suasana kelas menjadi kurang menarik.

Untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih menyenangkan, diperlukan kombinasi antara pendekatan pembelajaran dan unsur budaya. Pendekatan Pembelajaran Matematika Realistik (PMR) dapat lebih efektif jika dikombinasikan dengan budaya yang berkembang dalam berbagai kelompok masyarakat, baik dari suku asli maupun kalangan profesional. Perpaduan ini tidak hanya berkontribusi pada pelestarian budaya, tetapi juga membantu. Guru menjelaskan bahwa matematika bukanlah pelajaran yang sulit. Bahkan, matematika memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Menurut standar isi BSNP (Nasution et al., 2021), tujuan pembelajaran matematika mencakup beberapa aspek utama, *pertama,* pemahaman konsep yaitu kemampuan menjelaskan hubungan antar konsep serta menerapkannya dalam pemecahan masalah untuk melatih pola pikir yang logis dan sistematis. *Kedua,* enalaran matematis yaitu kemampuan mengenali pola dan sifat, membuat generalisasi, menyusun bukti, serta menjelaskan gagasan dan pernyataan matematika dalam menyelesaikan masalah sehari-hari. *Ketiga, p*emecahan masalah yaitu meliputi pemahaman masalah, perancangan model, penyelesaian model, serta interpretasi solusi untuk mengidentifikasi pola dan membuat generalisasi dari pengalaman belajar. *Keempat, k*omunikasi matematis yaitu kemampuan mengomunikasikan ide melalui simbol, tabel, diagram, atau media lainnya guna memperjelas suatu kondisi atau permasalahan serta mendorong kreativitas. *Kelimat,* penghargaan terhadap manfaat matematika yait meningkatkan rasa ingin tahu, minat belajar, ketekunan, serta kepercayaan diri dalam menyelesaikan masalah matematis, yang pada akhirnya menumbuhkan kesadaran untuk membangun dan melestarikan budaya.

Salah satu tantangan yang kerap dihadapi dalam pendidikan matematika di Indonesia adalah rendahnya motivasi dan minat belajar siswa, yang berimplikasi pada kurangnya pencapaian akademik mereka. Selain pendekatan pembelajaran yang telah dibahas sebelumnya, terdapat faktor lain yang turut memengaruhi hasil belajar siswa, seperti kurangnya pemanfaatan teknologi sebagai alat bantu dalam proses pembelajaran. Padahal, perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) terus mengalami kemajuan pesat dan berperan besar dalam dunia pendidikan.

Sejalan dengan perkembangan teknologi pendidikan, kurikulum saat ini juga menekankan pentingnya integrasi unsur budaya dalam proses pembelajaran di sekolah. Langkah ini bertujuan untuk membentuk generasi yang berkarakter, sekaligus menanamkan kesadaran akan pentingnya menjaga dan melestarikan budaya sebagai bagian dari identitas bangsa. Penerapan unsur budaya dalam pembelajaran dapat meningkatkan rasa ingin tahu siswa karena lebih mudah dipahami, bersifat interaktif, serta memiliki keterkaitan erat dengan kehidupan sehari-hari (Rosida Rahmawati, 2016).

Provinsi Sumatera Utara memiliki kekayaan budaya yang beragam, mencakup budaya Melayu, Batak, Jawa, Minang, Nias, Pak-Pak, dan lainnya. Di Kota Medan, budaya Melayu memiliki pengaruh yang kuat dalam berbagai aspek kehidupan masyarakat, termasuk dalam bidang pendidikan. Salah satu tradisi unik dalam budaya Melayu adalah konsep *nasi hadap-hadapan*, yaitu cara makan bersama yang mencerminkan nilai persatuan dan kebersamaan. Jika ditelaah lebih lanjut, tradisi ini mengandung unsur matematika, khususnya dalam operasi perkalian dan pembagian, yang dapat

diintegrasikan ke dalam pembelajaran matematika. Pendekatan ini sejalan dengan teori Vygotsky, yang menekankan peran lingkungan sosial dan budaya dalam proses pembelajaran anak. Matsumoto juga menegaskan bahwa budaya merupakan elemen penting dalam pendidikan anak (Hadijah et al., 2019).

Penelitian yang dilakukan oleh Khairunnisa et al. (2019) mengenai minat belajar matematika menunjukkan bahwa siswa lebih antusias dalam mempelajari matematika ketika materi ajar dikaitkan dengan budaya Melayu. Pada subtopik seperti belah ketupat, trapesium, dan gabungan beberapa bangun datar segiempat, siswa memahami konsep lebih baik ketika pembelajaran dikaitkan dengan unsur budaya material, seperti rumah panggung Melayu Langkat, ornamen khas Melayu, serta perlengkapan adat. Dengan menghubungkan konsep matematika dengan pengalaman nyata yang mereka temui dalam kehidupan sehari-hari, minat siswa terhadap pembelajaran meningkat secara signifikan. Peningkatan minat belajar matematika ini juga berdampak positif pada hasil belajar siswa dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional. Oleh karena itu, penerapan Pendekatan Pembelajaran Matematika Realistik (PMR) berbasis budaya Melayu dalam pembelajaran matematika menjadi sangat relevan. Pendekatan ini tidak hanya membantu siswa memahami konsep dan menyelesaikan masalah dengan lebih baik, tetapi juga menjadikan proses pembelajaran lebih menarik dan menyenangkan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi kepustakaan (*library research*), yang berfokus pada analisis terhadap berbagai sumber literatur untuk mengkaji pengetahuan, gagasan, dan temuan yang relevan. Melalui pendekatan ini, diperoleh pemahaman teoritis dan ilmiah mengenai penerapan Pendekatan Pembelajaran Matematika Realistik (PMR) berbasis budaya Melayu dalam pembelajaran matematika. Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari data sekunder, seperti hasil penelitian terdahulu, buku akademik, jurnal ilmiah, serta laporan penelitian yang berkaitan dengan topik yang dikaji.

Proses analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui lima tahapan utama, diawali dengan tahap pertama organizing yaitu mengorganisasi literatur yang akan digunakan dengan meninjau kesesuaiannya terhadap permasalahan penelitian. Pada tahap ini, dilakukan identifikasi ide utama, tujuan, dan kesimpulan dari berbagai sumber dengan membaca bagian abstrak, pendahuluan, metode, serta pembahasan, kemudian mengelompokkan literatur berdasarkan kategori tertentu. Kemudian pada tahap kedua synthesizing yaitu menyusun hasil dari literatur yang telah diorganisir menjadi suatu kesatuan yang komprehensif dengan menghubungkan keterkaitan antara berbagai sumber. Tahap ketiga identifying yaitu mengidentifikasi isu-isu penting atau kontroversial dalam literatur yang perlu dianalisis lebih lanjut guna memperoleh pembahasan yang lebih mendalam dan bermakna. Kemudian tahap keempat conclusion yaitu enyusun kesimpulan berdasarkan hasil analisis dengan merangkum temuan yang relevan sesuai dengan tujuan penelitian. Terakhir adalah tahapan *liiving Suggestion* yaitu memberikan rekomendasi yang diberikan berdasarkan temuan penelitian yang didapatkan., sehingga dapat menjadi saran yang bermanfaat bagi peneliti yang akan meneliti maupun pembaca.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerapan PMR dalam pembelajaran matematika sejalan dengan kurikulum yang berlaku di Indonesia. Hal ini terlihat dari keselarasan PMR dengan tiga tahapan utama dalam proses pembelajaran. Wijaya (Jatiariska et al., 2022) juga menekankan keterkaitan antara PMR dan tahapan-

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

tahapan tersebut, yang dapat diuraikan eksplorasi, elaborasi dan konfirmasi. Eksplorasi, pada tahap ini, konteks dalam PMR digunakan sebagai titik awal dalam membangun konsep matematika. Konteks tersebut membantu peserta didik mengeksplorasi berbagai strategi penyelesaian masalah, sekaligus meningkatkan minat dan motivasi belajar mereka. Elaborasi, etelah eksplorasi, peserta didik mulai menemukan dan mengembangkan konsep matematika lebih lanjut. Dalam PMR, situasi kontekstual yang diterjemahkan melalui matematisasi horizontal dieksplorasi lebih dalam hingga mencapai pemahaman konsep formal melalui matematisasi vertikal. Konfirmasi, tahapan ini bertujuan untuk memperkuat hasil eksplorasi dan elaborasi. Peserta didik tidak hanya mengomunikasikan ide mereka kepada teman-teman, tetapi juga memperluas pemahaman melalui diskusi dan tanggapan dari peserta didik lain. Sifat interaktif PMR memungkinkan mereka bekerja sama dalam merancang strategi dan membangun konsep matematika dengan lebih mendalam.

Dapat disimpulkan bahwa PMR memiliki hubungan yang erat dengan kurikulum di Indonesia. Keselarasan ini terlihat dalam karakteristik PMR yang mendukung Standar Proses dalam pembelajaran, mencakup tahap eksplorasi, elaborasi, dan konfirmasiDengan demikian, PMR dapat diimplementasikan secara optimal dalam sistem pendidikan di Indonesia guna meningkatkan pemahaman serta motivasi belajar siswa.

Paradigma pendidikan modern saat ini menyoroti peserta didik sebagai individu yang memiliki potensi untuk belajar dan berkembang.. Dalam Pendekatan Pembelajaran Matematika Realistik (PMR), peserta didik dipandang sebagai individu yang sudah memiliki pengetahuan serta pengalaman dari interaksi mereka dengan lingkungan. Oleh karena itu, dengan kesempatan yang tepat, mereka dapat mengembangkan pemahaman tersebut. Dalam konteks ini, peserta didik diharapkan berperan aktif dalam mencari dan membangun pemahaman mereka sendiri.

Menurut Hadi (2005), terdapat beberapa konsep utama dalam PMR terkait peserta didik, yaitu; (a) Peserta didik memiliki berbagai konsep alternatif tentang ide-ide matematika yang berpengaruh terhadap proses pembelajaran mereka di masa depan; (b) Peserta didik memperoleh pemahaman baru dengan membangun sendiri pengetahuannya; (c) Pembentukan pengetahuan melibatkan berbagai perubahan, seperti penambahan, modifikasi, penyempurnaan, hingga penyusunan ulang konsep yang sudah; (d) Pengetahuan yang dikonstruksi peserta didik berasal dari pengalaman yang mereka alami; dan (e) semua peserta didik, tanpa memandang latar belakang ras, budaya, atau gender, memiliki kemampuan dalam memahami dan menerapkan konsep matematika.

Konsep-konsep ini menunjukkan bahwa PMR Melibatkan peserta didik sebagai pelaku aktif dalam proses pembelajaran, sehingga mereka dapat mengembangkan pemahaman melalui pengalaman dan interaksi sosial yang mereka alami. Menurut Arniyati Athar (2012), pembelajaran berbasis budaya merupakan strategi dalam menciptakan lingkungan belajar dan merancang pengalaman pembelajaran dengan mengintegrasikan unsur budaya. Pendekatan ini didasarkan pada keyakinan bahwa budaya berperan fundamental dalam pendidikan, baik sebagai media ekspresi maupun alat komunikasi ide dan pengembangan pengetahuan. Budaya juga berfungsi sebagai motivator bagi peserta didik dalam menerapkan ilmu, bekerja secara kolaboratif, dan menghubungkan berbagai mata pelajaran. Oleh karena itu, pembelajaran berbasis budaya tidak hanya berfokus pada transfer nilai-nilai budaya kepada peserta didik, tetapi juga mengembangkan budaya agar mereka dapat membangun pemahaman yang bermakna terhadap materi yang dipelajari.

Indonesia dikenal sebagai negara dengan kekayaan budaya yang beragam di setiap daerah. Keanekaragaman ini mencakup perbedaan bahasa daerah, kesenian, adat istiadat, Budaya, sebagaimana dijelaskan dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (Abdullah, 2016), diartikan sebagai

pikiran, akal budi, serta adat istiadat. Sementara itu, kebudayaan mengacu pada hasil karya dan aktivitas manusia yang tercermin dalam kepercayaan, seni, serta adat istiadat. Budaya juga dapat dipahami sebagai sistem pengetahuan yang membantu manusia dalam memahami serta menafsirkan lingkungan sosial mereka, sekaligus membentuk pola perilaku. Menurut Daoed Joesoef (dalam Abdullah, 2016), budaya adalah sistem nilai dan gagasan yang dianut oleh suatu kelompok masyarakat dalam suatu lingkungan dan periode tertentu. Secara keseluruhan, kebudayaan mencakup segala aspek yang berkaitan dengan budaya itu sendiri. Dalam kajian budaya, terdapat tiga aspek utama, budaya universal, budaya nasional dan budaya lokal. Budaya universal, yaitu nilai-nilai yang bersifat umum dan berkembang seiring dengan kemajuan masyarakat serta ilmu pengetahuan. Budaya nasional, yaitu nilai-nilai yang berlaku di seluruh masyarakat Indonesia secara umum.Budaya lokal, yaitu nilai-nilai yang eksis dalam kehidupan masyarakat setempat.

Koentjaraningrat (dalam Abdullah, 2016) mendefinisikan kebudayaan sebagai suatu sistem yang mencakup gagasan, tindakan, serta hasil karya manusia dalam kehidupan bermasyarakat yang diwariskan dari generasi ke generasi melalui proses pembelajaran. Sementara itu, Saefuddin menjelaskan bahwa kebudayaan merupakan sistem keteraturan makna dan simbol yang memungkinkan manusia untuk menyampaikan, menafsirkan, serta memahami informasi guna membangun pengetahuan dan menilai berbagai aspek kehidupan.

Dari berbagai definisi tersebut, kebudayaan dapat dipahami sebagai faktor yang memengaruhi tingkat pengetahuan dan mencakup sistem ide atau gagasan dalam pikiran manusia, yang secara abstrak membentuk cara pandang serta pemahaman mereka terhadap dunia. Kebudayaan juga memiliki bentuk nyata, seperti pola perilaku, bahasa, peralatan hidup, organisasi sosial, religi, dan seni, yang membantu manusia dalam menjalankan kehidupan bermasyarakat. Oleh karena itu, kebudayaan dan masyarakat memiliki hubungan yang saling bergantung tidak ada budaya tanpa masyarakat, begitu pula sebaliknya.

Menurut Abdullah (2016), pembelajaran berbasis budaya adalah strategi dalam menciptakan lingkungan dan merancang pengalaman belajar dengan mengintegrasikan budaya dalam proses pembelajaran. Pendekatan ini mengakui budaya sebagai bagian fundamental dari pendidikan, baik sebagai alat ekspresi maupun sebagai sarana untuk memotivasi peserta didik dalam menerapkan ilmu, bekerja secara kolaboratif, serta menghubungkan berbagai mata pelajaran. Pembelajaran berbasis budaya dapat dikategorikan ke dalam tiga bentuk utama; (1) Peserta didik mempelajari budaya sebagai bidang studi khusus yang bersifat mandiri, tanpa dikaitkan dengan mata pelajaran lainnya; (2) budaya digunakan sebagai media pembelajaran dalam proses belajar, menjadi konteks dalam memahami konsep atau prinsip suatu mata pelajaran; (3) Peserta didik menunjukkan pemahamannya terhadap suatu mata pelajaran melalui berbagai bentuk perwujudan budaya.

Dalam pembelajaran matematika, pendekatan realistik yang berbasis budaya Melayu dapat diterapkan melalui beberapa tahapan berikut; (1) memulai pembelajaran dengan menghadirkan permasalahan atau pengalaman kontekstual yang berakar pada budaya Melayu untuk mengembangkan konsep matematika; (2) menjelaskan keterkaitan antara pengalaman budaya dan konsep matematis dengan bimbingan pendidik; (3) melakukan pemecahan masalah secara berkelompok guna menumbuhkan kerja sama antar peserta didik; (4) membandingkan serta mendiskusikan hasil jawaban untuk menanamkan nilai budaya dan karakter bangsa; dan (5) menyimpulkan hasil pembelajaran secara bersama sebagai bentuk refleksi terhadap pemahaman yang telah diperoleh.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Penerapan pendekatan ini penting untuk membangun pemahaman matematika sejak dimulainya proses belajar mengajar, dengan menyajikan masalah atau pengalaman yang relevan dengan konteks. relevan dengan kehidupan sehari-hari peserta didik. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan ketertarikan, perhatian, dan minat siswa terhadap matematika, tetapi juga menjadikan proses belajar lebih menyenangkan (Khairunnisa, 2019).

Salah satu bentuk integrasi budaya Melayu dalam proses pembelajaran adalah tradisi nasi hadap-hadapan, yang mencerminkan nilai kebersamaan, saling menghormati, dan interaksi sosial. Ketika keluarga atau kelompok berkumpul untuk makan bersama, mereka berkomunikasi dan berinteraksi dalam suasana yang hangat. Dalam konteks pembelajaran, budaya Melayu dapat dijadikan alat untuk mengajarkan konsep matematika, di mana peserta didik belajar berkomunikasi, berdiskusi, dan menyelesaikan masalah secara kolektif.



Gambar 1. Pelaksanaan nasi hadap-hadapan

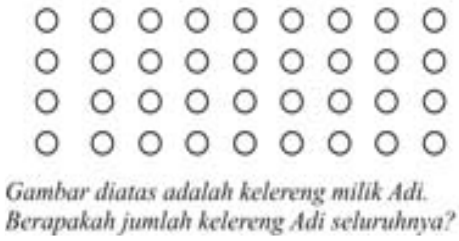
Tradisi makan nasi hadap-hadapan memiliki beberapa tahapan yang harus dilakukan sejalan dengan penjelasan yang diberikan oleh Syahrida Afni (2020), yaitu psosisi duduk, jenis makanan, tata letak dan rangkaian acara. Posisi duduk pengantin, pasangan pengantin memiliki aturan khusus dalam posisi duduk. Pengantin perempuan duduk bersimpuh di sebelah kiri suaminya, sementara pengantin laki-laki duduk bersila. Hal ini mencerminkan nilai kesopanan dan penghormatan seorang istri kepada suaminya. Posisi duduk tamu, para tamu duduk berhadapan sesuai dengan pihak keluarga masing-masing. Keluarga pengantin perempuan duduk berjejer di hadapan pengantin perempuan, sedangkan keluarga pengantin laki-laki duduk berhadapan dengan pengantin laki-laki. Dengan demikian, kedua belah pihak saling berhadapan dalam acara tersebut.

Jenis Makanan yang Disajikan meliputi nasi kuning dengan lauk-pauk khas, serta aneka kue tradisional Melayu seperti halua, rasidah, malaka, manisan, dan asinan. Kue rasidah sendiri dibuat dari campuran tepung terigu dan gula pasir, kemudian dibentuk menyerupai bunga mawar, jambu, cabai, belimbing, dan bentuk lainnya. Filosofi dari penyajian makanan ini adalah bahwa kehidupan terlihat indah, namun memiliki berbagai rasa seperti manis, asin, dan lain sebagainya. Kemudian tata letak makanan tidak ada aturan khusus dalam penyusunan makanan. Semua hidangan dapat ditata sesuai dengan selera masing-masing individu agar terlihat menarik dan indah dipandang.

Rangkaian Acara Makan Nasi Hadap-hadapan; (a) penyerahan diri istri kepada suami; (b) permainan memilih bunga (c) mencari ayam dalam nasi; (d) makan bersama; (e) memilih satu hidangan favorit; (f) menyuapi mertua. Pendekatan pembelajaran dalam PMR mengusulkan penggunaan pertanyaan yang berkaitan dengan situasi nyata. yang memuat konsep dalam matematika,

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

khususnya konsep perkalian. Di samping itu, soal yang diberikan harus memiliki makna, sehingga siswa dapat menerapkan pemahaman mereka tentang perkalian, seperti konsep penjumlahan berulang. Proses pembelajaran perkalian dapat diawali dengan penyajian soal kontekstual berikut.



Gambar 2. Contoh Soal

Terdapat beberapa strategi yang dapat digunakan siswa dalam menjawab soal; (1) menghitung secara bertahap satu per satu hingga memperoleh jumlah keseluruhan; (2) menentukan jumlah kelereng dalam setiap baris, kemudian menjumlahkan seluruhnya; (3) menghitung jumlah kelereng dalam setiap kolom, lalu menjumlahkan seluruh kolom. Selain itu, strategi perhitungan satu per satu juga dapat memiliki variasi tersendiri.



Gambar 3. Strategi Jawaban Siswa

Dalam pembelajaran perkalian menggunakan Pendekatan Pembelajaran Matematika Realistik (PMR), hal utama yang perlu dilakukan adalah mendorong negosiasi antarstrategi yang dimiliki siswa (student production). Dengan meminta seorang siswa menjelaskan strategi penyelesaiannya kepada teman-temannya di depan kelas, terjadi dua bentuk negosiasi yang penting. Pertama, negosiasi dengan diri sendiri, di mana siswa yang menjelaskan dapat mengomunikasikan pemikirannya dengan lebih jelas, sehingga ia pun memahami strateginya dengan lebih baik. Kedua, negosiasi antarstrategi, di mana siswa lain dapat membandingkan strategi mereka dengan strategi yang dijelaskan. Melalui proses ini, siswa dapat memilih strategi yang paling sesuai dengan pemahaman mereka. Namun, dalam matematika, strategi yang paling efektif dan efisienlah yang dianggap terbaik. Pembelajaran semacam ini mendorong interaksi aktif antara siswa serta antara siswa dan guru. Sebagai fasilitator, guru dapat mengajukan pertanyaan seperti "mengapa?" untuk mengeksplorasi sejauh mana pemahaman siswa. Selain itu, konsep perkalian juga dapat diperkenalkan melalui pengalaman langsung yang relevan dengan budaya siswa, seperti tradisi nasi hadap-hadapan, di mana hidangan dalam bentuk kue atau camilan di piring dapat menjadi contoh nyata dari konsep perkalian yang dialami siswa dalam kehidupan sehari-hari.

Hal ini sejalan dengan penelitian (Nuh et al., 2021) yang berjudul Konstruksi matematika berbasis budaya Melayu memiliki beberapa karakteristik Karakteristik budaya Melayu yang menekankan pada keharmonisan, kebersamaan, dan kesantunan dalam berkomunikasi dapat memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan kemampuan komunikasi matematis peserta didik dan bahasa yang santun.. Oleh karena itu, integrasi nilai-nilai budaya Melayu dalam pembelajaran matematika perlu mendapat perhatian dan dukungan dari berbagai pihak, agar dapat memaksimalkan potensi peserta didik dalam mengembangkan kemampuan komunikasi matematis.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

(Susanto et al., 2021) dalam penelitiannya yang berjudul Pendekatan Pembelajaran Matematika Realistik yang berlandaskan budaya masyarakat Bengkulu berkontribusi dalam meningkatkan komunikasi matematis mahasiswa. Penerapan metode ini terbukti dapat meningkatkan kemampuan komunikasi matematis mahasiswa dalam pembelajaran statistik dasar. Peningkatan tersebut dilakukan melalui beberapa langkah, yaitu: (1) memberikan perhatian pada kerja kelompok kecil, (2) menyajikan permasalahan realistik berbasis budaya di awal pembelajaran, (3) mendorong mahasiswa dalam merancang pemodelan, serta (4) menyediakan LKM interaktif yang dapat diakses secara online.

(Arniyati Athar, 2012) dalam penelitiannya yang engan judul *Pengembangan Pembelajaran Matematika dengan Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik (PMR) Berbasis Budaya Cerita Rakyat Melayu Riau*, penelitian ini menyimpulkan bahwa produk pembelajaran matematika yang mengadopsi Pendekatan Pembelajaran Matematika Realistik berbasis budaya cerita rakyat Melayu Riau telah dikembangkan. yang dihasilkan telah memenuhi kriteria kevalidan, kepraktisan dan keefektifan.

Dari sumber jurnal dan kajian diatas peran budaya Melayu nasi hadap-hadapan memiliki beberapa karakteristik yang dapat mendukung pengembangan kemampuan matematis peserta didik, di antaranya; (1) Keharmonisan dalam komunikasi; (2) kebersamaan dan kerjasama; dan (3) penggunaan bahahasa yang santun. Budaya Melayu nasi hadap-hadapan menekankan pada keharmonisan dalam berkomunikasi, dengan menjunjung tinggi kesantunan, kerendahan hati, dan menghindari konfrontasi. Karakteristik ini dapat membantu peserta didik dalam menyampaikan ide-ide matematis dengan cara yang efektif dan dapat diterima oleh orang lain. Komunikasi matematis merujuk kepada cara individu menyampaikan ide, konsep, dan penyelesaian matematik. Ia melibatkan penggunaan bahasa, simbol, dan representasi lain. Dalam proses pembelajaran, komunikasi yang efektif dapat membantu pelajar memahami dan mengaplikasikan konsep matematik dengan lebih baik. Budaya Melayu nasi hadap-hadapan juga menekankan pada nilai kebersamaan dan kerja sama. Dalam pembelajaran matematika, karakteristik ini dapat mendorong peserta didik untuk saling berbagi informasi, berdiskusi, dan berkolaborasi dalam menyelesaikan permasalahan matematis. Dalam budaya Melayu nasi hadap-hadapan penggunaan bahasa yang santun dan tidak menyinggung perasaan orang lain merupakan hal yang penting. Hal ini dapat membantu peserta didik dalam menyampaikan ide-ide matematis secara jelas dan mudah dipahami oleh orang lain.

Peran budaya Melayu nasi hadap-hadapan dalam pembelajaran matematika juga memberi dampak positif melalui aktivitas berkumpul peserta didik dapat (1) meningkatkan kemahiran sosial dengan saling berinteraksi untuk mendengar dan menghargai pandangan teman-temannya. (2) mendorong kerjasama dimana budaya Melayu menggalakkan peserta didik untuk bekerja sama dalam menyelesaikan masalah matematik. (3) Mewujudkan Suasana Pembelajaran yang positif dimana makan bersama dapat mengurangkan tekanan dan meningkatkan motivasi peserta didik. Berdasarkan kajian literatur diatas. Peran pendekatan pembelajaran matematika realistik melalui budaya melayu pada pembelajaran matematika dapat memberikan dampak positif dimana peserta didik dapat belajar untuk menyampaikan ide-ide matematis secara efektif, berdiskusi dan berkolaborasi dengan baik, serta menggunakan bahasa yang santun dan mudah dipahami.

KESIMPULAN

Merujuk pada hasil dan pembahasan yang telah disampaikan, dapat diambil beberapa kesimpulan, pertama peran Pendekatan PMR melalui budaya Melayu Dapat digunakan dalam proses

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pembelajaran untuk meningkatkan rasa ingin tahu, perhatian, dan minat belajar peserta didik. Selain itu, metode ini membuat pembelajaran lebih menyenangkan karena pendidik menyajikan materi yang relevan dan berkaitan dengan pengalaman sehari-hari siswa. konsep dari materi tersampaikan maka pembelajaran akan lebih bermakna. Kemudian guru merasa penting untuk menyampaikan materi pelajaran yang bersifat nyata dan sesuai dengan pengalaman sehari-hari peserta didik, terutama dalam pembelajaran yang berbasis budaya, jadi Guru perlu menjalankan peran tambahan dalam mengimplementasikan pembelajaran matematika yang berorientasi pada budaya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis bersyukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menulis penelitian. Kepada teman-teman kuliah program studi doktor pendidikan matematika angkatan 2024 yang telah memberikan motivasi kepada penulis. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat bagi pembaca dan peneliti yang akan menguji judul ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, A. A. (2016). Peran Guru Dalam Mentransformasi Pembelajaran Matematika Berbasis Budaya. *Prosiding Seminar Matematika Dan Pendidikan Matematika*, *November*, 640–652. http://jurnal.fkip.uns.ac.id/

Arniyati Athar, G. (2012). Pengembangan Pembelajaran Matematika Dengan Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik (Pmr). *Prosiding Seminar Nasional Pendidik Dan Pengembang Pendidikan Indonesia*, *November*, 978–979.

Hadijah, S., Eviyanti, C. Y., & Aulia, L. (2019). Peningkatan pemahaman konsep melalui penerapan pembelajaran berbasis budaya melayu. Jurnal Numeracy, 6(2), 5–24.

Khairunnisa, K., Afif, Y. K., Sidek, A., Saidatun Zakiyah, & Suhairi. (2019). Sosialisasi Penerapan Pendekatan Realistik Berbasis Budaya Melayu Langkat dalam Pembelajaran Matematika SMP/MTs. Jurnal ABDIMASA Pengabdian Masyarakat, 2(1), 60–65. https://unimuda.e-journal.id/jurnalabdimasa/article/view/1528%0Ahttps://unimuda.e journal.id/jurnalabdimasa/article/download/1528/812

Lestari, D., Testiana, G., & Agustiani, R. (2018). Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik Indonesia. Jurnal Pendidikan Matematika Rafa, 4(2), 79–90.

Mulana, I. M. B. (2021). Pendidikan Matematika Realistik dalam Pendidikan Matematika. In Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY (Vol. 44, Issue 2).

Nasution, A. W., Sitorus, R. O., Sipayung, R. S. B., & Sianturi, W. T. (2021). Penerapan Pendekatan Pembelajaran Matematika Realistik Berbasis Etnomatematika Melayu. Researchgate.Net, December.

Nuh, Z. M., Hasanah, N., & Hanafi, I. (2021). KONTRUKSI MATEMATIKA BERBASIS BUDAYA MELAYU Sebuah Pendekatan Etnomatematika. *Nusantara; Journal for Southeast Asian Islamic Studies*, *17*(2), 76. https://doi.org/10.24014/nusantara.v17i2.16521

Oktalia, W. (2019). Pengaruh Model Pembelajaran Rme (Realistic Mathematic Educatian) Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas III Pada Pembelajaran Matematika (Perkalian) Sd Negeri 76 Kota Bengkulu. IAIN BENGKULU.

Sajari, D. D., Dwirahayu, D. G., Rosyidatun, E. S., Sunengsih, N., & Fuadah, A. (2018). Pengembangan Budaya Akademik Dosen: Hasil Kajian Teoritis dan Hasil Penelitian Bunga Rampai Forum Diskusi Dosen Tahun 2017 Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengembangan Budaya Akademik Dosen: Hasil Kajian Teoritis Dan Hasil Penelitian, 188–192. https://scholar.google.co.id/citations?view_op=view_citation&hl=id&user=uCdWSzUAAAAJ&citation_fo r_view=uCdWSzUAAAAJ:hFOr9nPyWt4C

Septian, A., Agustina, D., & Maghfirah, D. (2020). Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Student Teams Achievement Division (STAD) untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematika. Mathema: Jurnal Pendidikan Matematika, 2(2), 10. https://doi.org/10.33365/jm.v2i2.652

Sumandya, I. W. (2019). Meningkatkan Kemampuan Komunkasi Matematis Melalui Pendidikan MatematikaRealistik Bermuatan Budaya Lokal. Prosiding Senama PGRI, 1(2000), 80–88. https://doi.org/10.5281/zenodo.3376443

Susanto, E., Rusdi, R., & Susanta, A. (2021). Pembelajaran matematika realistik berbasis budaya masyarakat bengkulu dalam meningkatkan komunikasi matematis mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Matematika Raflesia*, *6*(1), 39–49. https://ejournal.unib.ac.id/jpmr/article/view/13601

Syahrida Afni. (2020). *Makna Simbolik Tradisi Makan Nasi Hadap-Hadapan Pada Etnis Melayu Di Kota Tanjungbalai*.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Meningkatkan Penalaran Matematis Siswa SMP melalui Video Animasi Berbasis Problem-Based Learning dengan Animaker

Priska Br Simbolon[1*], Nurliani Manurung[2]
[1,2] *Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:priskabrsimbolon@mhs.unimed.ac.id*

Abstrak, Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan penalaran matematis siswa SMP yang diajarkan menggunakan model Problem Based Learning (PBM) berbantuan video animasi melalui aplikasi Animaker, dibandingkan dengan siswa yang diajar menggunakan model PBM tanpa video animasi. Penelitian dilakukan di SMPS St. Yoseph Medan tahun ajaran 2024/2025 dengan metode True Experimental. Sampel terdiri dari dua kelas: kelas 8D sebagai kelas eksperimen dan kelas 8A sebagai kelas kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan penalaran matematis (KPM) siswa pada kelas eksperimen mencapai 0,7045 (70,45%) dan termasuk dalam kategori tinggi, sedangkan pada kelas kontrol hanya mencapai 0,5955 (59,55%) dan berada pada kategori sedang. Uji hipotesis menghasilkan nilai Sig. (2-tailed) = 0,047 < 0,05 dan nilai t_hitung = 2,025 ≥ t_tabel = 1,670, sehingga H_0 ditolak. Dengan demikian, terdapat pengaruh signifikan penggunaan video animasi berbasis Animaker dalam model PBM terhadap peningkatan kemampuan penalaran matematis siswa, dengan kategori efek sedang (0,5065)..
Kata kunci: Aplikasi Animaker; Kemampuan Penalaran Matematis; Model PBM; Video Animasi Pembelajaran

Abstract, *This study aims to analyze the mathematical reasoning abilities of junior high school students taught using the Problem-Based Learning (PBL) model assisted by animated videos through the Animaker application, compared to students taught using the PBL model without animated videos. The research was conducted at SMPS St. Yoseph Medan in the 2024/2025 academic year using a True Experimental method. The sample consisted of two classes: class 8D as the experimental group and class 8A as the control group. The results showed that the improvement in students' mathematical reasoning ability (MRA) in the experimental class reached 0.7045 (70.45%), categorized as high, while the control class reached only 0.5955 (59.55%), categorized as moderate. Hypothesis testing resulted in a Sig. (2-tailed) value of 0.047 < 0.05 and a t_calculated value of 2.025 ≥ t_table of 1.670, leading to the rejection of H_0. Therefore, there is a significant effect of using animated instructional videos based on the Animaker application within the PBL model on improving students' mathematical reasoning abilities, with a medium effect size of 0.5065.*
Keywords*: Animaker Application, Mathematical Reasoning Ability, Problem Based Learning Model, Learning Animation Video*

Citation : Simbolon, P., & Manurung, N. (2024). Meningkatkan Penalaran Matematis Siswa SMP melalui Video Animasi Berbasis Problem-Based Learning dengan Animaker. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 756 – 762

PENDAHULUAN

Matematika adalah pengetahuan dasar yang memiliki kontribusi esensial pada dunia pendidikan dan pertumbuhan IPTEK yang berpotensi mengasah kompetensi berpikir logis, tajam, terstruktur, teliti dan inovatif. Kualitas yang paling penting untuk belajar matematika menurut NCTM (2000) adalah kemampuan memecahkan masalah, berkomunikasi, koneksi, menalar, dan mengekspresikan diri. Hal ini menunjukkan bahwa salah satu faktor terpenting ketika belajar matematika adalah penalaran. Dengan begitu, KPM merupakan ilmu matematika yang perlu dipelajari murid ketika

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

mempelajari matematika, khususnya ketika menjawab permasalahan matematika. Kompetensi murid dalam berpikir dan menarik kesimpulan tentang bukti kebenaran disebut dengan KPM (Okaviana & Aini, 2021). Menurut Sofyana dan Kusuma (2018), kemampuan penalaran mengacu pada kemampuan murid dalam membuat inferensi dari berbagai proposisi matematika. Kemampuan yang dibutuhkan murid untuk mengevaluasi keadaan baru, membentuk hipotesis logis, memperjelas konsep, dan mencapai kesimpulan dikenal sebagai kemampuan penalaran matematis. Menurut Maulyda (2020), berpikir dan matematika berjalan seiring karena keduanya diperlukan untuk memecahkan teka-teki matematika dan dapat dikembangkan melalui belajar matematika.

Berdasarkan penjelasan tersebut, murid dengan KPM yang kuat akan sanggup bernalar secara rasional dan makin lancar mencerna ide yang digunakan ketika mempelajari permasalahan yang ditemuinya. Namun, pandemi virus corona telah mengakibatkan penurunan hasil pembelajaran internasional, berdasarkan hasil survei PISA tahun 2022 yang terungkap pada 5 Desember 2023. PISA diadakan setiap tiga tahun oleh OECD untuk mengukur kompetensi murid yang berumur 15 tahun pada kategori membaca, matematika, dan sains. PISA 2022 akan memfokuskan penilaian pada kemampuan matematika murid, melalui penekanan lebih banyak pada penalaran matematis. Skor PISA 2022 di Indonesia menurun dari skor PISA 2018. Nilai literasi membaca dari 371 menjadi 359, nilai matematika dari 379 menjadi 366 dan nilai sains dari 396 menjadi 383. Oleh sebab itu, peneliti hendak mengerti bagaimana KPM murid SMPS St. Yoseph Medan dengan cara melakukan observasi awal.

Untuk mengukur KPM murid SMPS St. Yoseph Medan, peneliti membagikan asesmen diagnostik pada murid kelas VIII dengan materi Perbandingan Senilai dan Perbandingan Berbalik Nilai. Tes tersebut terdiri dari dua pertanyaan uraian yang disesuaikan dengan indikator KPM, yaitu (1) Kemampuan melakukan operasi matematika, (2) Kemampuan mengecek kebenaran solusi (3) Kemampuan membuat generalisasi. Peneliti dapat menggeneralisasikan bahwa KPM murid kelas VIII SMPS St. Yoseph Medan masih tergolong kategori sangat rendah, karena dari 30 murid, 2 murid tergolong rendah dan 28 murid tergolong sangat rendah. Rerata hasil asesmen diagnostik KPM murid adalah 40,57. Banyak siswa tidak mampu melakukan operasi matematika dengan baik karena mereka tidak memahami masalah yang dihadapi. Mereka juga tidak mampu menulis metode lain untuk memastikan hasil yang mereka peroleh benar-benar akurat, dan mereka juga tidak mampu membuat generalisasi yang benar dan akurat dari hasil akhir jawaban mereka.

Mengingat pentingnya penalaran matematis murid dalam pendidikan matematika, maka begitu penting untuk menemukan upaya meninggikan KPM murid. Upaya yang mungkin dilakukan adalah penggunaan media pembelajaran interaktif. Video animasi adalah alat pengajaran matematika yang sanggup meninggikan penalaran matematis murid. Video animasi sanggup membantu menghilangkan rasa bosan dan meningkatkan minat murid dalam belajar karena murid akan lebih tertarik untuk belajar, lebih fokus mendengarkan, dan lebih mengerti apa yang disajikan dalam video animasi. Tampilan yang dinamis dan menarik diciptakan oleh alat elektronik yang disebut video dengan kombinasi teknologi audio dan visual. Animasi merupakan objek bergerak yang termuat dari kumpulan benda yang beruntun mengiringi lintasan gerak tertentu pada setiap pertambahan waktu. Dengan demikian, video animasi pembelajaran matematika dirancang untuk meningkatkan KPM murid dan menjelaskan materi pelajaran matematika. Selain itu, mereka menggunakan musik yang sesuai dengan animasi tersebut.

Animaker adalah aplikasi yang sangat baik untuk membuat video animasi karena menyajikan beragam fitur animasi yang bisa digabungkan dengan topik pembelajaran. Aplikasi ini juga dapat

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

membuat efek gerak yang menarik dengan menambahkan suara dan mengubah efek gerak satu ke efek gerak lainnya dengan menggunakan materi pembelajaran (Munawar et al., 2020). Diharapkan bahwa video animasi akan menumbuhkan kegemaran belajar murid dan meningkatkan pemahaman mereka tentang konsep matematika, terutama penalaran matematis, dengan menggunakan gerakan gambar dan elemen suara. Proses belajar mengajar membutuhkan model pembelajaran selain penggunaan media pembelajaran agar pembelajaran lebih tepat sasaran dan mencapai tujuan. Berdasarkan beberapa pertimbangan, penelitian ini akan menggunakan model PBM. Diharapkan dengan menggunakan model PBM, murid akan belajar lebih banyak tentang berpikir kritis, bernalar, dan memecahkan masalah. Selain itu, model PBM akan mengajak mereka untuk berkontribusi makin aktif dalam penciptaan wawasan mereka sendiri.

Merujuk latar belakang permasalahan di atas, maka amat penting direalisasikan penelitian untuk menyelidiki apakah terdapat pengaruh video animasi pembelajaran matematika berbantuan aplikasi Animaker berbasis model PBM terhadap KPM murid SMP. Oleh sebab itu, peneliti tertarik hendak melakukan penelitian dengan judul "Pengaruh Video Animasi Pembelajaran Matematika Berbantuan Aplikasi Animaker Berbasis Model PBM Terhadap Kemampuan Penalaran Matematis Murid SMP".

METODE PENELITIAN

Penelitian ini direalisasikan di SMPS St. Yoseph Medan yang terletak di Jalan Flamboyan Raya Nomor 139, Tanjung Selamat, Kecamatan Medan Tuntungan, Kota Medan, Sumatera Utara dan dilaksanakan semester ganjil pada T.A. 2024/2025. Populasi penelitian ini adalah semua murid kelas VIII SMPS St. Yoseph Medan. Setiap murid kelas VIII SMPS St. Yoseph Medan mempunyai probabilitas yang serupa untuk menjadi sampel penelitian karena pengambilan sampel dilakukan secara random. Sampel penelitian dipilih 2 kelas, yakni kelas 8D selaku kelas percobaan sebanyak 32 murid dan kelas 8A selaku kelas pembanding sebanyak 32 murid.

Penelitian ini memuat dua kelas, yakni kelas percobaan dan kelas pembanding yang diberikan perlakuan yang berbeda. Kelas percobaan diberikan perlakuan memakai video animasi pembelajaran matematika berbantuan aplikasi Animaker berbasis model PBM, sedangkan kelas pembanding diberikan perlakuan tanpa memakai video animasi pembelajaran matematika berbantuan aplikasi Animaker, namun tetap berbasis model PBM. Pada penelitian ini, uji hipotesis dikerjakan dengan memakai *uji Independent Sample T-Test*. Namun, sebelum mengerjakan uji hipotesis penelitian terdapat uji persyaratan analisis data yang mula-mula harus dikerjakan, yaitu uji normalitas data dan uji homogenitas varians. Setelah melakukan uji hipotesis, selanjutnya dikerjakan uji *N-Gain* dan *Effect Size*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum diberikan perlakuan, kelas percobaan dan kelas pembanding mula-mula dibagikan *pretest* untuk mengukur kompetensi awal penalaran matematis murid. *Pretest* yang diberikan disusun berdasarkan indikator-indikator KPM murid. Berikut ini merupakan deskripsi data hasil *pretest* KPM murid kelas percobaan dan kelas pembanding yang ditampilkan pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan terlihat bahwa nilai terkecil *pretest* kelas percobaan adalah 11, sementara nilai terkecil *pretest* kelas pembanding adalah 3. Nilai terbesar *pretest* kelas percobaan dan kelas pembanding memiliki nilai yang sama, yaitu 44. Rerata nilai *pretest* kelas percobaan dan kelas pembanding berturut-turut adalah 28,28 dan 28,38 dengan selisih 0,10. Hal ini memperlihatkan bahwa kelas percobaan dan kelas

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pembanding memiliki kompetensi awal penalaran matematis yang serupa, sehingga layak untuk dibandingkan dengan memberikan perlakuan yang berbeda.

Tabel 1. Deskripsi Data Hasil

	Pretest		***Postest***	
Statistika	**Percobaan**	**Pembanding**	**Percobaan**	**Pembanding**
Jumlah Murid	32	32	32	32
Nilai Minimum	11	3	50	44
Nilai Maksimum	44	44	100	100
Total Nilai	905	908	2522	2273
Rata-rata	28,28	28,38	78,81	71,03
Simpangan Baku	9,471	10,064	14.812	15.904
Varians	89,693	101,274	219,383	252,934

Setelah memberikan perlakuan kepada kelas percobaan dan kelas pembanding secara terpisah, peneliti membagikan *posttest* untuk menilai kompetensi akhir penalaran matematis murid. *Posttest* yang diberikan disusun berdasarkan indikator-indikator KPM murid. Berikut ini merupakan deskripsi data hasil *posttest* KPM murid kelas percobaan dan kelas pembanding yang dipaparkan pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai terkecil *posttest* kelas percobaan adalah 50, sementara nilai terkecil *posttest* kelas pembanding adalah 44. Nilai terbesar *posttest* kelas percobaan dan kelas pembanding mempunyai nilai yang serupa, yaitu 100. Rerata nilai *posttest* kelas percobaan dan kelas pembanding berturut-turut adalah 78,81 dan 71,03 dengan selisih 7,78. Hal ini memperlihatkan bahwa kompetensi akhir penalaran matematis murid kelas percobaan yang diberikan perlakuan dengan memakai video animasi pembelajaran matematika berbantuan aplikasi Animaker berbasis model PBM lebih baik daripada kompetensi akhir penalaran matematis murid kelas pembanding yang diberikan perlakuan dengan menggunakan model PBM tanpa memakai video animasi pembelajaran matematika berbantuan aplikasi Animaker.

Pada penelitian ini, uji normalitas dikerjakan dengan memakai uji Shapiro-Wilk dengan bantuan IBM SPSS Statistick 26. Berikut ini merupakan *output* uji normalitas data *pretest* kelas percobaan dan *pretest* kelas pembanding yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2 *Output* Uji Normalitas *Pretest* dan *Posttest* dengan Metode Shapiro- Wilk

	Posttest			*Pretest*		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
Pretest Kelas Percobaan	.951	32	.155	.952	32	.168
Pretest Kelas Pembanding	.961	32	.290	.958	32	.236

Hasil *output* di atas, dapat dilihat bahwa nilai signifikansi data *pretest* kelas percobaan > 0,05 atau 0,168 > 0,05 dan nilai signifikansi data *pretest* kelas pembanding > 0,05 atau 0,236 > 0,05. Artinya, data *pretest* kelas percobaan dan *pretest* kelas pembanding berdistribusi normal. Berikut ini merupakan *output* uji normalitas data *posttest* kelas percobaan dan *posttest* kelas pembanding yang ditampilkan pada Tabel 2. O*utput* di atas, dapat dilihat bahwa nilai signifikansi data *posttest* kelas percobaan > 0,05 atau 0,155 > 0,05 dan nilai signifikansi data *posttest* kelas pembanding > 0,05 atau 0,290 > 0,05. Artinya, data *posttest* kelas percobaan dan *posttest* kelas pembanding berdistribusi normal.

Sesudah dikerjakan uji normalitas, maka dilanjutkan uji homogenitas dengan memakai uji Levene Statistic dengan bantuan IBM SPSS Statistic 26. Berikut ini merupakan *output* uji homogenitas data *pretest* kelas percobaan dan *pretest* kelas pembanding yang dipaparkan pada Tabel 3. Berdasarkan hasil *output* di atas, terlihat bahwa nilai *Sig. Based on Mean* > 0,05 atau 0,605 > 0,05. Artinya, varians data *pretest* kelas percobaan dan *pretest* kelas pembanding homogen. Berdasarkan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

hasil *output* di atas, terlihat bahwa nilai *Sig. Based on Mean* > 0,05 atau 0,577 > 0,05. Artinya, varian data *posttest* kelas percobaan dan *posttest* kelas pembanding homogen.

Tabel 3 *Output* Uji Homogenitas *Pretest*

Instrumen	***Homogeneity of Variance***	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Pretest	*Based on Mean*	.270	1	62	.605
	Based on Median	.294	1	62	.590
Posttest	*Based on Mean*	.314	1	62	.577
	Based on Median	.298	1	62	.587

Setelah uji normalitas dan homogenitas selesai dan data menunjukkan distribusi normal dan varians yang sama, maka dikerjakan uji hipotesis memakai *uji Independent Sample T-Test* dengan bantuan IBM SPSS Statistic 26. Berikut ini merupakan *output* uji *Independent Sample T-Test* yang dipaparkan pada Tabel 4. Output menunjukkan bahwa nilai *Sig.* = 0,047 < 0,05. Hal ini memperlihatkan bahwa Ho ditolak, artinya terdapat perbedaan yang signifikan antara KPM murid kelas percobaan dan kelas pembanding. Berlandaskan *output* di atas juga terlihat bahwa nilai t_{hitung} = 2,025 dengan df = 62 dan α = 0,05, maka nilai t_{tabel} = 1,670. Hal ini menunjukkan bahwa nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$ atau 2,025 > 1,670, artinya Ho ditolak. Dengan begitu, dapat dikonklusikan bahwa video animasi yang digunakan dalam pembelajaran matematika dengan bantuan aplikasi Animaker berbasis model PBM memiliki pengaruh terhadap KPM murid.

Tabel 4 *Output* Uji *Independent Sample T-Test* menggungkan data Postest

	t-test for Equality of Means				
	T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Equal variances assumed	2.025	62	.047	7.781	3.842
Equal variances not assumed	2.025	61.689	.047	7.781	3.842

Untuk mengetahui seberapa besar peningkatan KPM murid sebelum dan sesudah diberi perlakuan, maka dikerjakan kalkulasi nilai N-Gain. Berikut ini merupakan hasil kalkulasi nilai N-Gain pada kelas percobaan dan kelas pembanding yang disajikan pada Tabel 5. Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai N-Gain kelas percobaan adalah 0,7045 dengan persentase 70,45% berada pada kategori tinggi, sedangkan nilai N-Gain kelas pembanding adalah 0,5955 dengan persentase 59,55% berada pada kategori sedang. Hal ini memperlihatkan bahwa lebih tinggi peningkatan KPM murid pada kelas percobaan setelah diberikan perlakuan dibandingkan pada kelas pembanding.

Tabel 5 Nilai N-Gain Kemampuan Penalaran Matematis Murid

Kelas	**Rata – rata Pretest**	**Rata – rata Posttest**	**N-Gain**	**Persentase**	**Kategori**
Percobaan	28,28	78,81	0,7045	70,45%	Tinggi
Pembanding	28,38	71,03	0,5955	59,55%	Sedang

Untuk mengukur besar pengaruh video animasi pembelajaran matematika berbantuan aplikasi Animaker berbasis model PBM pada KPM murid, maka dilakukan analisis *Effect Size*. Berikut ini merupakan hasil pengukuran *Effect Size* dengan menggunakan rumus Cohen's dan berdasarkan hasil perhitungan effect size diketahui bahwa kelas eksperimen yang terdiri dari 32 siswa memiliki rata-rata nilai sebesar 78,81 dengan simpangan baku sebesar 15,358. Sementara itu, kelas pembanding yang juga terdiri dari 32 siswa memiliki rata-rata nilai sebesar 71,03. Nilai effect size (d) yang diperoleh adalah sebesar 0,5065, yang berada pada kategori efek sedang. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan video animasi pembelajaran matematika berbantuan aplikasi Animaker dalam model PBM memberikan pengaruh yang cukup berarti terhadap peningkatan hasil belajar siswa, khususnya

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dalam kemampuan penalaran matematis, dibandingkan dengan pembelajaran menggunakan model PBM tanpa video animasi.

KESIMPULAN

Hasil pengolahan data penelitian, maka dapat dikonklusikan pertama murid kelas percobaan menunjukkan peningkatan KPM kategori tinggi dengan nilai rerata pretest 28,28 dan rerata posttest 78,81. Oleh karena itu, diperoleh nilai N-Gain 0,7045 atau 70,45%. Sementara, murid kelas pembanding mengalami peningkatan KPM kategori sedang dengan nilai rerata pretest 28,38 dan nilai rerata posttest 71,03. Oleh sebab itu, diperoleh nilai N-Gain 0,5955, atau 59,55%. Hal ini menunjukkan bahwa murid SMP yang diajarkan melalui video animasi pembelajaran matematika berbantuan aplikasi Animaker berbasis model PBM memiliki KPM yang lebih baik daripada murid SMP yang diajarkan melalui model PBM tanpa memakai video animasi pembelajaran matematika. Kedua hasil uji hipotesis diperoleh bahwa nilai Sig. = 0,047 < 0,05 dan nilai t_{hitung} = 2,025 ≥ 1,670, sehingga Ho ditolak. Hal ini memperlihatkan bahwa tedapat pengaruh video animasi pembelajaran matematika dengan bantuan aplikasi Animaker berbasis model PBM memiliki pengaruh besar terhadap KPM murid kelas VIII SMPS St. Yoseph Medan dengan kategori efek sedang, yaitu 0,5065.

DAFTAR PUSTAKA

Akhiruddin, Sujarwo, Atmowardoyo, H., & Nurhikmah. (2019). *Bahan Ajar Belajar dan Pembelajaran*. Gowa: CV. Cahaya Bintang Cemerlang.

Ananda, R. & Fadhli, M. (2018). *Statistik Pendidikan (Teori dan Praktik dalam Pendidikan)*. Medan: CV. Widya Puspita.

Aprilia, A. & Fitriana, D. N. (2022). Mindset Awal Murid terhadap Pembelajaran Matematika yang Sulit dan Menakutkan. *Journal Elementary Education*, 1(2): 28-39.

Asmara, D. N., Agustina, T., & Apreasta, L. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Video Animasi Berbasis Animaker pada Muatan Matematika Kelas IV Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(6): 8156-8171.

Depdiknas. (2003). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional. Jakarta: Dirjen Pendidikan Dasar dan Menengah.

Fajarwati, M. I. & Irianto, S. (2021). Pengembangan Media Animaker Materi Keliling dan Luas Bangun Datar Menggunakan Kalkulator di Kelas IV SD UMP. *Jurnal Pemikiran dan Penelitian Pendidikan Dasar*, 5(1): 1-11.

Indrawan, I., Wijoyo, H., Wiguna, I. M. A., & Wardani, E. (2020). *Media Pembelajaran Berbasis Multimedia.* Banyumas: CV. Pena Persada.

Kompas.com. (2022, 24 Januari). *Membedakan Luas Permukaan Prisma dan Limas*. Diakses 28 Februari 2024, dari https://www.kompas.com/skola/read/2022/01/24/130000769/membedakan-luas-permukaan-prisma-dan-limas

Kristanto, Andi. (2016). *Media Pembelajaran*. Jawa Timur: Bintang Sutabaya.

Lestari, D., Nurlita, M., & Muhlis, V. M. (2022). Pengaruh Pembelajaran Matematika dengan Menggunakan Media Video Pembelajaran terhadap Kemampuan Penalaran Matematis Murid. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(03): 272-282.

Magdalena, I., Shodikoh, A. F., & Pebrianti, A. R. (2021). Pentingnya Media Pembelajaran untuk Meningkatkan Minat Belajar Murid SDN Meruya Selatan 06 Pagi. *Jurnal Edukasi dan Sains*, 3(2): 312-325.

Malik, Adam. (2018). *Pengantar Statistika Pendidikan*. Yogyakarta: Deepublish.

Minarni, A., Napitupulu, E. E., Lubis, S. D., & Annajmi. (2020). *Kemampuan Berpikir Matematis dan Aspek Afektif Murid*. Medan: Harapan Cerdas.

Muhibbah, F. & Iba, K. (2022). Pengaruh Penggunaan Media Video Animasi terhadap Hasil Belajar Matematika Kelas IV SD. *Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 11(4): 1022-1028.

Munawar, B., Hasyim, A. F., & Ma'arif, M. (2020). Desain Pengembangan Bahan Ajar Digital Berbantuan Aplikasi Animaker pada PAUD di Kabupaten Pandeglang. *Jurnal Golden Age*, 04(2): 310-320.

NCTM. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

Nurdin, I. & Hartati, S. (2019). *Metodologi Penelitian Sosial*. Surabaya: Media Sahabat Cendekia.

Nurfadhillah, S., Ningsih, D. A., Ramadhania, P. R., & Sifa, U. N. (2021). Peranan Media Pembelajaran dalam Meningkatkan Minat Belajar Murid SD Negeri Kohod III. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial*, 3(2): 243-255.

Nuryadi, Astuti, T. D., Utami, E. S., & Budiantara, M. (2017). *Dasar-Dasar Penelitian*. Yogyakarta: Sibuku Media.

Oktavtiana, V. & Aini, I. N. (2021). Deskripsi Kemampuan Penalaran Matematika Murid SMP Kelas VIII. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 4(3): 587-600.

Rahma, S., Ahsan, M., & Usman. (2022). Implementasi Video Pembelajaran Matematika untuk Meningkatkan Kemampuan Penalaran Matematis Peserta Didik. *Journal of Mathematics Learning Innovation (JMLI)*, 1(1): 33-44.

Sani, R. A. (2019). *Strategi Belajar Mengajar*. Depok: PT. RajaGrafindo Persada.

Silitonga, M. K. & Rosyida, S. (2015). Animasi Interaktif sebagai Media Sosialisasi Indonesia Tsunami Early Warning System (INATEWS). *Jurnal Sistem Informasi STMIK Antar Bangsa*, IV(2): 200-207.

Sofyana, U. M. & Kusuma, A. B. (2018). Upaya Meningkatkan Kemampuan Penalaran Matematis Murid Menggunakan Pembelajaran *Generative* pada Kelas VII SMP Muhammadiyah Kaliwiro. *Jurnal Penelitian Didaktik Matematika*, 2(2): 11-23.

Sudjana. (2021). *Metoda Statistika*. Bandung: Tarsito.

Supardi. (2019). *Statistik Penelitian Pendidikan: Perhitungan, Penyajian, Penjelasan, Penafsiran, dan Penarikan Kesimpulan*. Depok: PT. RajaGrafindo Persada.

Widi, Shilvina. (2023, 8 Desember). *Data Kualitas Pendidikan Murid di Indonesia Berdasarkan Hasil PISA 2022*. Diakses 22 Februari 2024, dari https://dataindonesia.id/pendidikan/detail/data-kualitas-pendidikan-murid-di-indonesia-berdasarkan-hasil-pisa-2022

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pembangunan Algoritma Metode Modifikasi Runge-Kutta Menggunakan Kombinasi Deret Lehmer dengan Python untuk Menyelesaikan Persamaan Diferensial

Deswita Ananda[1*], Louders Yoakim Telaumbanua[2], Khaira Nazla[3], & Yulita Molliq Rangkuti[4]
[1,2,3,4,]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:deswitaananda0322@gmail.com*

Abstrak, artikel ini membahas tentang pembangunan algoritma dari Metode modifikasi Runge kutta menggunakan kombinasi Deret Lehmer (MRKDL) untuk menyelesaiakan penyelesaian persamaan diferensial. Dalam syntax Python yang telah dibangun menggunakan pendekatan input untuk fungsi, syarat awal, dan ukuran langkah. Dari hasil bahwa, simulasi dengan syntax Python ini dapat mencari solusi numerik berbagai persamaan diferensial, interval waktu dan ukuran langkah untuk berbagai nilai α, sehingga penggunaannya lebih fleksibel serta hasil visualisasi ditunjukkan untuk berbagai nilai α juga diperlihatkan di atikel ini. Oleh karena itu, syntax Python ini menjadi alat untuk mensimulasikan metode MRKDL untuk kasus yang lebih kompleks.
Kata kunci: Persamaan diferensial, Metode modifikasi Runge kutta menggunakan kombinasi Deret Lehmer, Python

***Abstract**, this article discusses the development of an algorithm from the Modified Runge Kutta Method using a combination of Lehmer Series (MRKLS) to solve differential equations. The Python syntax has been built using an input approach for functions, initial conditions, and step sizes. From the results, simulation with this Python syntax can find numerical solutions to various differential equations, time intervals, and step sizes for multiple values of α, so that its use is more flexible, and the visualization results shown for various values of α are also displayed in this article. Therefore, this Python syntax becomes a tool to copy the MRKLS method for more complex cases*.
***Keywords**: Differential equations, Runge Kutta modification method using a combination of Lehmer Series, Python.*

Citation : Ananda, D., dkk. (2024). Pembangunan Algoritma Metode Modifikasi Runge-Kutta Menggunakan Kombinasi Deret Lehmer dengan Python untuk Menyelesaikan Persamaan Diferensial. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 763 - 772

PENDAHULUAN

Persamaan diferensial memainkan peranan yang sangat penting dalam berbagai bidang seperti rekayasa, fisika, ekonomi, dan disiplin ilmu lainnya, di mana persamaan ini berfungsi sebagai alat utama untuk memodelkan fenomena-fenomena yang terjadi di dunia nyata (Zill (2013)). Beberapa kasus yang sering diselesaikan dengan persamaan diferensial meliputi dinamika populasi, gerakan objek, serta fenomena yang berkaitan dengan biologi dan fisika. Contohnya, persamaan diferensial banyak diterapkan dalam model pertumbuhan populasi untuk mengevaluasi perubahan jumlah individu suatu spesies dari waktu ke waktu, yang dapat direpresentasikan sebagai persamaan diferensial orde satu dengan satu variabel. Selain itu, sistem persamaan diferensial yang melibatkan dua variabel banyak diterapkan dalam studi sistem ekologi atau model ekonomi yang lebih kompleks (Rozikin et al., 2021; Nitzan et al., 2021).

Persamaan diferensial orde satu dengan satu variabel umumnya dapat dituliskan dalam bentuk $\frac{dy}{dx} = f(x, y)$. Sementara itu, untuk persamaan diferensial dengan dua variabel, bentuk umumnya adalah $\frac{dy}{dx} = g(x, y)$ dan $\frac{dz}{dx} = h(x, y, z)$. Penerapan rumus ini dalam fenomena saat ini melibatkan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

penggunaan model matematis dalam analisis epidemiologi, contohnya model SIR yang digunakan untuk mensimulasikan penyebaran penyakit menular (Rismayanti et al., 2022).

Metode numerik yang umum diterapkan dalam penyelesaian persamaan diferensial adalah Metode Runge-Kutta Orde Empat (RK4). Metode RK4 merupakan teknik numerik yang dirancang untuk menangani masalah nilai awal maupun masalah nilai batas pada persamaan diferensial, baik yang bersifat linier maupun non-linier. Metode ini menawarkan tingkat akurasi yang lebih baik jika dibandingkan dengan metode Euler dan metode Heun (Enkekes & Mardianto, 2022; Rismayanti et al., 2022). Hasil dari penggunaan metode RK4 umumnya memberikan estimasi nilai fungsi di titik tertentu dengan mempertimbangkan kemiringan di beberapa titik dalam interval yang sudah ditentukan (Butcher, 2021). Dalam hal ini, Deret Lehmer bisa dimanfaatkan untuk mempercepat proses perhitungan dalam metode RK4. Deret ini membantu mengoptimalkan langkah-langkah dalam perhitungan numerik, sehingga efisiensi dan akurasi hasil yang didapatkan bisa meningkat (Lehmer, 2020).

Untuk implementasi metode RK4, kami memanfaatkan Python sebagai alat bantu. Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dikembangkan oleh Guido Van Rossum dan diperkenalkan pada tahun 1991. Bahasa ini sangat populer karena sintaksisnya yang mudah dipahami, serta dilengkapi dengan berbagai pustaka yang komprehensif seperti NumPy dan SciPy (Alfarizi et al., 2023). Beragam kasus telah ditangani dengan menggunakan Python, mencakup simulasi fisika, analisis data, serta pengembangan model machine learning dan deep learning. Sebagai contoh, dalam penelitian di bidang biomedis, Python sering dimanfaatkan untuk memodelkan dan menganalisis data eksperimen dengan cara yang efisien (Alfarizi et al., 2023; Vázquez et al., 2023).

Tujuan artikel ini adalah membahas tentang pembangunan algoritma dari metode MRKDL dengan Python. Penerapan metode tersebut untuk menyelesaikan persamaan diferensial. Dalam pembahasan akan dibahas mengenai langkah-langkah pembangunan metode MRKD, pembangunan koding untuk penginputan persamaan diferensial, syarat awal, interval waktu dan ukuran langkah untuk tiga contoh. Terakhir pembangunan syntax untuk visualisai dengan Python,.

METODE MODIFIKASI RUNGE KUTTA MENGGUNAKAN KOMBINASI DERET LEHMER

Metode modifikasi Runge Kutta menggunakan kombinasi Deret Lehmer (MRKDL) merupakan modifikasi dari Runge kutta orde empat klasik berdasarkan rata-rata aritmatik (RK4RA). Selanjutnya, metode RK4RA dimodifikasi dengan menggantikan mbentuk rataan aritmatik ke dalam bentuk kombinasi konvex Deret Lehmer (Jayanti,2018), seperti pada persamaan 1 (Ulfa & Wartono (2019)):

$$y_{n+1} = y_n + \frac{1}{3}(1-\alpha)\left[\frac{k_1+k_2}{2} + \frac{k_2+k_3}{2} + \frac{k_3+k_4}{2}\right] + \alpha\left[\frac{k_1^4+k_2^4}{k_1^3+k_2^3} + \frac{k_2^4+k_3^4}{k_2^3+k_3^3} + \frac{k_3^4+k_4^4}{k_3^3+k_4^3}\right] \quad (1)$$

Dengan

$k_1 = hf(t_n, y_n), k_2 = hf\left(t_n + \frac{1}{2}h, y_n + \frac{1}{2}k_1\right), k_3 = hf\left(t_n + \frac{1}{2}h, y_n + \frac{3}{8}\alpha k_1 + \left(\frac{1}{2} - \frac{3}{8}\alpha\right)k_2\right)$, dan

$k_4 = hf\left(t_n + h, y_n + \frac{3}{4}\alpha k_1 + \left(\frac{3}{4}\frac{\alpha(8+\alpha)}{3\alpha-4}\alpha\right)k_2 + \left(-\frac{1}{2}\frac{8+\alpha^2}{3\alpha-4}\right)k_3\right)$,

Dimana t_n merujuk waktu saat ini, y_n menunjukkan nilai fungsi pada waktu t_n, h merupakan panjang langkah (step size), f adalah fungsi yang mendefinisikan ODE. Persamaan (1) dikenal sebagai Runge Kutta orde empat klasik menggunakan kombinasi Deret Lehmer dengan p =1 dan p = 4 .

HASIL DAN PEMBAHASAN

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Script Python sudah dibangun pada media ujicoba untuk mendapatkan Solusi persamaan diferensial. Script dimulai dengan menefinisikan beberapa library pendukung sebagai berikut:

```
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
```

Library yang dipilih mendukung pengoperasian rumus matematika import numpy as np, pembuatan grafik dengan import matplotlib.pyplot as plt serta pembuatan tabel dengan import pandas as pd. Pada script python juga dibangun untuk berbagai parameter α; yaitu $\alpha = 0.9, \alpha = 0.3, \alpha = 0.2, \alpha = 0.0001$ dan $\alpha = 0.0000007$. Script python dapat diilihat sebagai berikut

```
# Fungsi untuk mendapatkan input nilai α=0.9, α=0.3, α=0.2, α=0.0001,          dan α=1/10000000
secara manual
alpha1 = 0.9
alpha2 = 0.3
alpha3 = 0.2
alpha4 = 0.0001
alpha5 = 0.0000001
y10 = 1
y20 = 1
y30 = 1
y40 = 1
    y50 = 1
```

Dari script di definisikan fungsi untuk menginput fungsi. Selanjutnya didefinisikan juga persamaan dalam sistem dengan python seperti script berikut:

```
# Fungsi untuk mendapatkan input fungsi dari pengguna
def get_function_input(prompt):
    while True:
        try:
            func = input(prompt)
            f = eval("lambda t, y: " + func)
            # Uji fungsi dengan nilai t dan y sembarang
            f(0, 0)
            return f, func
        except:
            print("Input fungsi tidak valid. Silakan coba lagi.")
```

Selanjutnya dibangun script python untuk metode MRKDL untuk berbagai parameter α; yaitu $\alpha = 0.9, \alpha = 0.3, \alpha = 0.2, \alpha = 0.0001$ dan $\alpha = 0.0000007$ seperti script berikut:

```
# Metode Modifikasi Runge-Kutta Orde keempat Deret Lehmer untuk alpha = 0.9
def MRK4DL_solver1(f, alpha1, y10, t0, tf, h):
    t_values = []
    y1_values = []

    t = t0
    y1 = y10
    while t <= tf:
        t_values.append(t)
        y1_values.append(y1)

        k1 = h*f(t, y1)
        k2 = h*f(t + 0.5*h, y1 + 0.5*k1)
```

```
        k3 = h*f(t + 0.5*h, y1 + 3*k1*alpha1/8 + (0.5 - 3*alpha1/8)*k2)
        k4 = h*f(t + h, y1 + k1*(3*alpha1)/4 + k2*(3*alpha1*(8 + alpha1))/((4*(3*alpha1 - 4))
) + k3*((8 + 9*alpha1))/((2*(3*alpha1 - 4))))
        y1 = y1 +(1/3)* ((1-alpha1)*(k1 + 2*k2 + 2*k3 + k4)/2+ alpha1*(((k1**4 + k2**4))/((k1**3
+ k2**3))+ ((k2**4 + k3**4))/((k2**3 + k3**3) )+( (k3**4 + k4**4))/((k3**3 + k4**3))))
        t = t + h
    return t_values, y1_values

# Metode Modifikasi Runge-Kutta Orde keempat Deret Lehmer untuk alpha = 0.3
def MRK4DL_solver2(f, alpha2, y20, t0, tf, h):
    t_values = []
    y2_values = []
    t = t0
    y2 = y20
    while t <= tf:
        t_values.append(t)
        y2_values.append(y2)
        k1 = h*f(t, y2)
        k2 = h*f(t + 0.5*h, y2 + 0.5*k1)
        k3 = h*f(t + 0.5*h, y2 + 3*k1*alpha2/8 + (0.5 - 3*alpha2/8)*k2)
        k4 = h*f(t + h, y2 + k1*(3*alpha2)/4 + k2*(3*alpha2*(8 + alpha2))/((4*(3*alpha - 4)) )
+ k3*((8 + 9*alpha2))/((2*(3*alpha2 - 4))))
        y2 = y2 +(1/3)* ((1-alpha2)*(k1 + 2*k2 + 2*k3 + k4)/2+ alpha2*(((k1**4 + k2**4))/((k1**3
+ k2**3))+ ((k2**4 + k3**4))/((k2**3 + k3**3) )+( (k3**4 + k4**4))/((k3**3 + k4**3))))
        t = t + h
return t_values, y2_values
# Metode Modifikasi Runge-Kutta Orde keempat Deret Lehmer untuk alpha = 0.2
def MRK4DL_solver3(f, alpha3, y30, t0, tf, h):
    t_values = []
    y3_values = []
    t = t0
    y3 = y30
    while t <= tf:
        t_values.append(t)
        y3_values.append(y3)
        k1 = h*f(t, y3)
        k2 = h*f(t + 0.5*h, y3 + 0.5*k1)
        k3 = h*f(t + 0.5*h, y3 + 3*k1*alpha3/8 + (0.5 - 3*alpha3/8)*k2)
        k4 = h*f(t + h, y3 + k1*(3*alpha3)/4 + k2*(3*alpha*(8 + alpha3))/((4*(3*alpha3 - 4)) )
+ k3*((8 + 9*alpha3))/((2*(3*alpha3 - 4))))
        y3 = y3 +(1/3)* ((1-alpha3)*(k1 + 2*k2 + 2*k3 + k4)/2+ alpha3*(((k1**4 + k2**4))/((k1**3
+ k2**3))+ ((k2**4 + k3**4))/((k2**3 + k3**3) )+( (k3**4 + k4**4))/((k3**3 + k4**3))))
        t = t + h
    return t_values, y3_values
# Metode Modifikasi Runge-Kutta Orde keempat Deret Lehmer untuk alpha = 1/10000
def MRK4DL_solver4(f, alpha4, y40, t0, tf, h):
    t_values = []
    y4_values = []
    t = t0
    y4 = y40
    while t <= tf:
        t_values.append(t)
        y4_values.append(y4)
```


© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

```
        k1 = h*f(t, y4)
        k2 = h*f(t + 0.5*h, y4 + 0.5*k1)
        k3 = h*f(t + 0.5*h, y4 + 3*k1*alpha4/8 + (0.5 - 3*alpha4/8)*k2)
        k4 = h*f(t + h, y4 + k1*(3*alpha4)/4 + k2*(3*alpha4*(8 + alpha4))/((4*(3*alpha4 - 4))
) + k3*((8 + 9*alpha4))/((2*(3*alpha4 - 4))))
        y4 = y4 +(1/3)* ((1-alpha4)*(k1 + 2*k2 + 2*k3 + k4)/2+ alpha4*(((k1**4 + k2**4))/((k1**3
+ k2**3))+ ((k2**4 + k3**4))/((k2**3 + k3**3) )+( (k3**4 + k4**4))/((k3**3 + k4**3))))
        t = t + h
return t_values, y4_values

# Metode Modifikasi Runge-Kutta Orde keempat Deret Lehmer untuk alpha = 1/10000000
def MRK4DL_solver5(f, alpha5, y50, t0, tf, h):
    t_values = []
    y5_values = []
    t = t0
    y5 = y50
    while t <= tf:
        t_values.append(t)
        y5_values.append(y5)
        k1 = h*f(t, y5)
        k2 = h*f(t + 0.5*h, y5 + 0.5*k1)
        k3 = h*f(t + 0.5*h, y5 + 3*k1*alpha5/8 + (0.5 - 3*alpha5/8)*k2)
        k4 = h*f(t + h, y5 + k1*(3*alpha5)/4 + k2*(3*alpha5*(8 + alpha5))/((4*(3*alpha5 - 4))
) + k3*((8 + 9*alpha5))/((2*(3*alpha5 - 4))))
        y5 = y5 +(1/3)* ((1-alpha5)*(k1 + 2*k2 + 2*k3 + k4)/2+ alpha5*(((k1**4 + k2**4))/((k1**3
+ k2**3))+ ((k2**4 + k3**4))/((k2**3 + k3**3) )+( (k3**4 + k4**4))/((k3**3 + k4**3))))
       t = t + h
return t_values, y5_values
```

Pada script metode MRK4DL dibangun 5 formula dikarenakan nilai α ada lima. Selajutnya untuk menunjukkan fleksibilitas script python untuk interval waktu dan ukuran langkah di masukkan dengan koding inputan seperti script berikut

```
# Mendapatkan input fungsi dari pengguna
f, f_str = get_function_input("Masukkan fungsi f(t, y): ")
t0    = float(input("Masukkan nilai t0 (waktu awal): "))
tf    = float(input("Masukkan nilai tf (waktu akhir): "))
h     = float(input("Masukkan nilai h (step size): "))
t_values, y1_values = MRK4DL_solver1(f, alpha1, y10, t0, tf, h)
t_values, y2_values = MRK4DL_solver2(f, alpha2, y20, t0, tf, h)
t_values, y3_values = MRK4DL_solver3(f, alpha3, y30, t0, tf, h)
t_values, y4_values = MRK4DL_solver4(f, alpha4, y40, t0, tf, h)
t_values, y5_values = MRK4DL_solver5(f, alpha5, y50, t0, tf, h)
# Mendapatkan solusi eksak
exact_values = exact_solution(t_values)
```

Untuk menampilkan tabel untuk berbagai parameter α setelah penginputan data dan perhitungan galat dituliskan sebagai berikut:

```
# Membuat tabel data
      data = {
          "t": t_values,
          "Solusi Eksak": exact_values,
          "alpha = 0.9": np.abs(y1_values - exact_values),
          "alpha = 0.3": np.abs(y2_values - exact_values),
```


© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

```
            "alpha = 0.2": np.abs(y3_values - exact_values),
            "alpha = 10^(-4)": np.abs(y4_values - exact_values),
            "alpha = 10^(-7)": np.abs(y5_values - exact_values)
        }
df = pd.DataFrame(data)
print(df)
```

Untuk memvisualisasikan hasil simulasi melalui script di atas maka visualisasi 2 dimensi ditampilkan melalui script berikut

```
        # Plot hasil
        plt.figure(figsize=(12,5))
        plt.plot(t_values, y1_values,  label=f"Solusi numerik untuk $alpha = 0.9$")
        plt.plot(t_values, y2_values,  label=f"Solusi numerik untuk $alpha = 0.3$")
        plt.plot(t_values, y3_values,  label=f"Solusi numerik untuk $alpha = 0.2$")
        plt.plot(t_values, y4_values,  label=f"Solusi numerik untuk $alpha = 1/10000$")
        plt.plot(t_values, y5_values,  label=f"Solusi numerik untuk $alpha = 1/10000000$")
        #plt.plot(t_values, exact_values,   label=f"Solusi exaact untuk $y = {fexact_str}$",
marker='.')
        plt.xlabel('t')
        plt.ylabel('y')
        plt.title('Solusi Metode Modifikasi Runge-Kutta Deret Lehmer')
        plt.grid(True)
        plt.legend()
plt.show()
```

Contoh 1: Diketahui persamaan diferensial (Ulfa dan Wartono (2019))

$$\frac{dy}{dt} = y, \qquad y(0) = 1, \qquad 0 \le t \le 1$$

Dengan penyelesaian eksak $y = e^t$. Untuk syntaz Python dari metode MRKDL perlu di mendefinisikan fungsi $f(t, y) = y$ sebagai berikut:

```
Masukkan fungsi f(t, y):  y
Masukkan nilai t0 (waktu awal):  0
Masukkan nilai tf (waktu akhir):  1
Masukkan nilai h (step size):  0.001
```

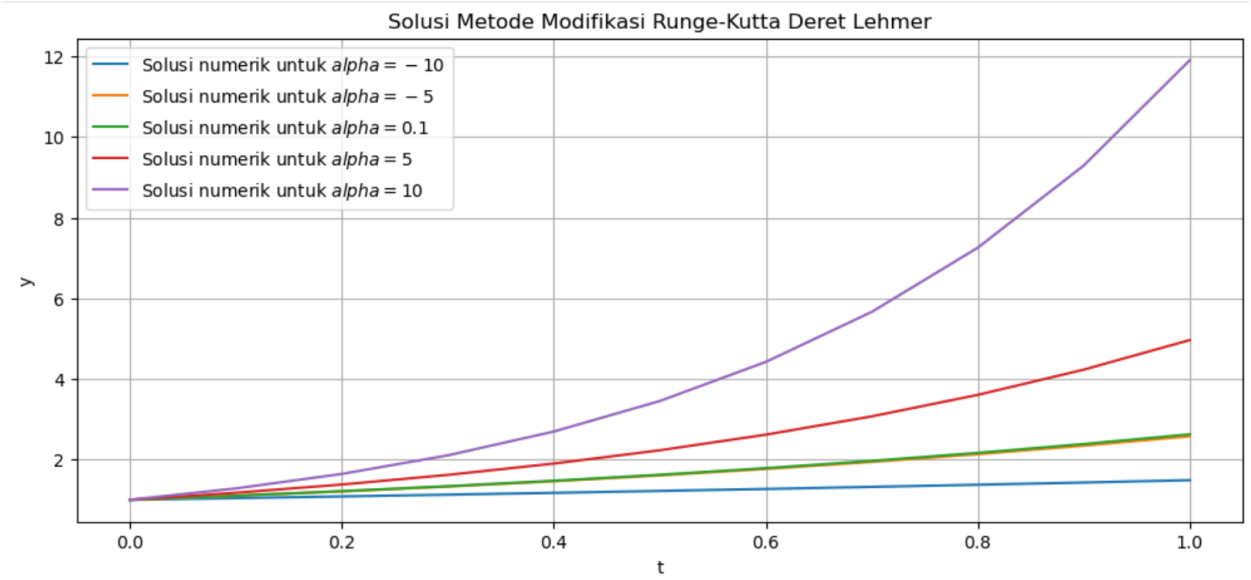
Setelah itu dilakukan simulasi dengan Python makan error dari berbagai nilai α sebagai berikut:

Tabel 1. Galat dari hasil selisih antara penyelesaian eksak dengan hasil simulasi contoh 1

t	Solusi Eksak	alpha = 0.9	alpha = 0.3	alpha = 0.2	alpha = 0.0001	alpha = 0.0000001
0.000	1.000000	0.000000	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
0.001	1.001001	0.000002	6.556830e-07	6.529396e-07	3.335438e-07	3.335001e-07
0.002	1.002002	0.000004	1.312678e-06	1.307185e-06	6.677549e-07	6.676675e-07
0.003	1.003005	0.000006	1.970986e-06	1.962739e-06	1.002634e-06	1.002503e-06
0.004	1.004008	0.000007	2.630609e-06	2.619603e-06	1.338183e-06	1.338008e-06
...	...	...	...	...	...	...
0.995	2.704724	0.004920	1.762237e-03	1.754866e-03	8.965877e-04	8.964703e-04
0.996	2.707430	0.004930	1.765772e-03	1.758387e-03	8.983865e-04	8.982689e-04
0.997	2.710139	0.004940	1.769313e-03	1.761913e-03	9.001881e-04	9.000703e-04
0.998	2.712851	0.004950	1.772859e-03	1.765444e-03	9.019924e-04	9.018743e-04
0.999	2.715565	0.004960	1.776411e-03	1.768981e-03	9.037994e-04	9.036811e-04

Dari tabel 1 bahwa solusi cukup dekat dengan penyelesaian tepat untuk α mendekati nol. Kemudian hasil simulasi diplot untuk menunjukkan ke solusi dari berbagai nilai $\alpha, \alpha = 10, -5, .01, 5$ dan $\alpha = 10$ untuk interval waktu $0 \le t \le 1$.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan



Gambar 1. Grafik hasil penyelesaian untuk persamaan diferensial dy/dt = y

Dari gambar 1 dapat dilihat kesan parameter α, semakin kecil parameter α maka nilai y semakin tinggi. Selanjutnya diselesaikan persamaan diferensial yang diperlihatkan dalam contoh 2

Contoh 2. Diketahi persamaan diferensial (Ulfa dan Wartono (2019))

$$\frac{dy}{dt} = y, \qquad y(0) = 1, \qquad 0 \le t \le 1,$$

Dengan penyelesaian eksak $y = e^{-t}$. Untuk syntaz Python dari metode MRKDL perlu di mendefinisikan fungsi $f(t, y) = y$, interval waktu dan ukuran langkah sebagai berikut:

```
Masukkan fungsi f(t, y):  -y
Masukkan nilai t0 (waktu awal):  0
Masukkan nilai tf (waktu akhir):  1
Masukkan nilai h (step size):  0.001
```

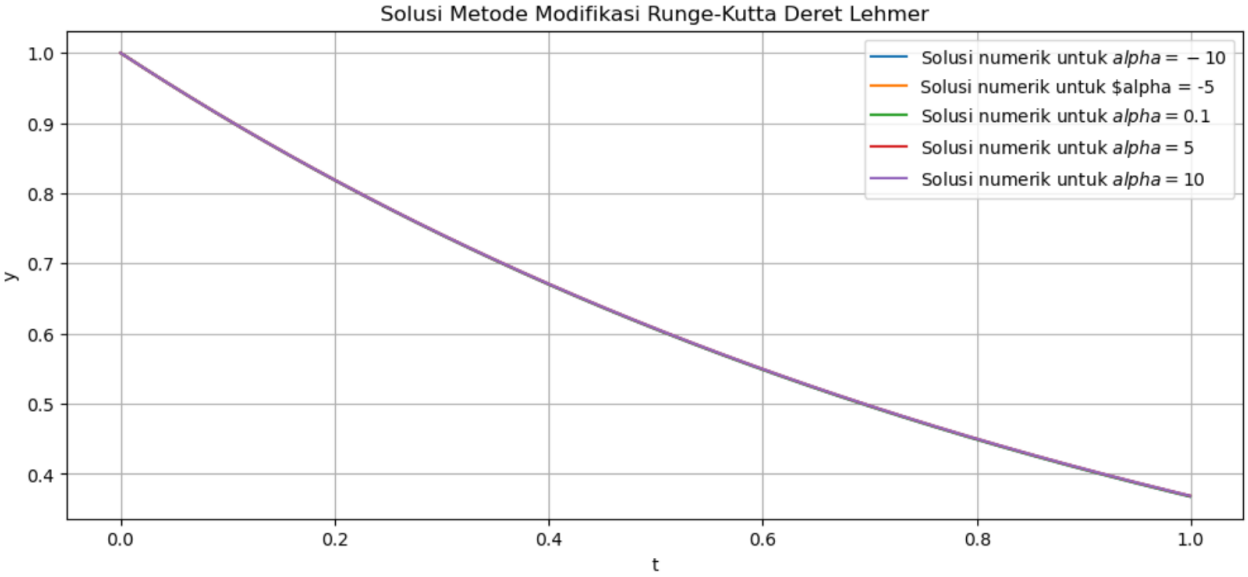
Setelah itu dilakukan simulasi dengan Python makan error dari berbagai nilai α sebagai berikut:

Tabel 2. Galat dari hasil selisih antara penyelesaian eksak dengan hasil simulasi contoh 2

t	Solusi Eksak	alpha = 0.9	alpha = 0.3	alpha = 0.2	alpha = 10^(-4)	alpha = 10^(-7)
0.000	1.000000	0.000000	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
0.001	0.999000	0.000002	6.567615e-07	6.534305e-07	3.332105e-07	3.331668e-07
0.002	0.998002	0.000004	1.312210e-06	1.305554e-06	6.657549e-07	6.656675e-07
0.003	0.997004	0.000006	1.966347e-06	1.956374e-06	9.976340e-07	9.975030e-07
0.004	0.996008	0.000008	2.619174e-06	2.605890e-06	1.328849e-06	1.328674e-06
...	...	...	...	...	...	...
0.995	0.369723	0.000692	2.417688e-04	2.405429e-04	1.226821e-04	1.226660e-04
0.996	0.369354	0.000692	2.417698e-04	2.405439e-04	1.226826e-04	1.226665e-04
0.997	0.368985	0.000692	2.417705e-04	2.405447e-04	1.226830e-04	1.226669e-04
0.998	0.368616	0.000692	2.417711e-04	2.405452e-04	1.226833e-04	1.226672e-04
0.999	0.368248	0.000692	2.417714e-04	2.405455e-04	1.226835e-04	1.226674e-04

Dari Tabel 2 bahwa solusi cukup dekat dengan penyelesaian tepat untuk α mendekati nol. Kemudian hasil simulasi diplot untuk menunjukkan ke solusi dari berbagai nilai $\alpha, \alpha = 10, -5, .01, 5$ dan $\alpha = 10$ untuk interval waktu $0 \le t \le 1$. Berikut ini visualisasi dari solusi dengan berbagai nilai α, $\alpha = 10, -5, .01, 5$ dan $\alpha = 10$.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan



Gambar 2. Grafik hasil penyelesaian untuk persamaan diferensial dy/dt = -y

Dari gambar 2. dapat dilihat bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan nilai y untuk berbagai parameter α.

KESIMPULAN

Pada artikel ini, Pembangunan syntax Python menerapkan metode MRKDL untuk menyelesaikan persamaan diferensial. Dari hasil simulasi dengan Python metode MRKDL sangat akurat untuk interval waktu $0 \leq t \leq 1$ dan untuk ukuran langkah $h = 0.001$. Analisis dilakukan dengan dua contoh persamaan diferensial yang sering dijumpai dalam model populasi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa metode ini mampu memberikan solusi yang akurat dengan kestabilan yang baik selama periode waktu yang ditentukan. Dengan memanfaatkan kemampuan Python serta pustaka seperti NumPy dan Pandas, proses perhitungan dan visualisasi hasil menjadi lebih efisien dan mudah dipahami. Secara keseluruhan, modifikasi ini menunjukkan potensi besar dalam penyelesaian numerik untuk persamaan diferensial yang lebih kompleks di masa mendatang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian artikel ini..

DAFTAR PUSTAKA

Butcher, J. C., (2021), Numerical Methods for Ordinary Differential Equations," *Wiley*,.

Lehmer, D. H., (2020) Mathematics of Computation: A Collection of Papers on the Work of the Society, *American Mathematical Society*, 2020.

A. e. a. Nitzan, (2021), Modeling of ecological dynamics using differential equations, *Ecological Modelling*, 2021.

J. e. a. Vázquez, "Data analysis and modeling using Python: Applications in biomedicine," *Journal of Biomedical Informatics*, 2023.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Rozikin, N., Sarjana, K., Azmi, S., & Hikmah, N., "Aplikasi Persamaan Diferensial Dalam Mengestimasi Jumlah Penduduk dengan Menggunakan Model Eksponensial dan Logistik.," *Journal of Mathematics Education and Application.,* 2021.

Nurazizah, Nurman, T. A., & Syata, I, "PENYELESAIAN MODEL PENYEBARAN PENYAKIT ISPA DENGAN MENGGUNAKAN METODE RUNGE KUTTA FEHLBERG DI PROVINSI SULAWESI SELATAN," *Al-Aqlu: Jurnal Matematika, Teknik dan Sains.,* 2024.

S. D. Ifa, "PENGEMBANGAN TEORI PERSAMAAN DIFERENSIAL UNTUK MENINGKATKAN CARA BERFIKIR KRITIS MAHASISWA PENDIDIKAN MATEMATIKA.," *Jurnal Inovasi Penelitian.,* 2021.

Hadisusanto, J., & Mungkasi, J., "Penyelesaian Model Epidemiologi SIR Menggunakan Metode Runge Kutta Orde Tiga dan Metode Adams-Bashforth Orde Tiga.," *Journal of Mathematics, Computations, and Statistics,* 2023.

Nisa, S., Irwan, & Syata, I., "PENERAPAN METODE RUNGE-KUTTA ORDE 4 MODEL PENYEBARAN DEMAM BERDARAH DENGUE DI KOTA MAKASSAR," *Al-Aqlu: Jurnal Matematika, Teknik dan Sains.,* 2024.

Putra, F. P., Fajar, S. N., Aditya, P., Apriliani, E., Sadjidon, & Arif, D. K, "Numerical simulation of tsunami propagation with Finite Difference Method and Runge Kutta 4th Order Method," *Journal of Physics: Conference Series,* 2020.

Ningsi, G. P., & Mungkasi, S, "Penerapan Metode Runge-Kutta dan Iterasi Variasional dalam," *Journal of Mathematics and Its Applications,* 2020.

Susanto, A. (2018). Pemrograman MATLAB untuk Analisis Numerik. Penerbit Graha Ilmu.

Kartono, Y., & Wahyudi, S. (2015). Persamaan Diferensial: Teori dan Aplikasi. Penerbit Erlangga.

Taufik, A., & Wahyuni, R. (2016). Metode Numerik dengan MATLAB dan Excel. Penerbit Salemba Teknika.

Hartono, T. (2019). Analisis dan Penyelesaian Persamaan Diferensial dengan Pendekatan Numerik. Penerbit Deepublish.

Lehmer, D. H. (2020). Optimization of Numerical Sequences for Differential Equations. *Journal of Computational Mathematics*, 44(1), 89-105.

Jayanti, E. D., M. Imran., dan Syamsudhuha., (2018). A Third Order Runge-Kutta Method Based on Convex Combination of Lehmer Means. Journal of Mathematical and Computation Science 8(6), 673-682.

Enkekes, M., & Mardianto, D. (2022). Comparative Analysis of Numerical Methods for Solving Ordinary Differential Equations. *Journal of Applied Mathematics and Computation*, 15(3), 123-139.

Alfarizi, M. A., et al. (2023). Implementing Python for Mathematical Modeling: An Overview of Applications. *Journal of Mathematical Sciences and Applications*, 11(4), 201-219.

Rismayanti, L., & Susanto, H. (2022). Numerical Solutions for Epidemic Models Using the Runge-Kutta Method. *Journal of Epidemiological Research*, 18(3), 235-248.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Khalil, M., & Nasser, Y. (2023). Efficient Implementation of Modified Numerical Methods for Differential Equations. *Mathematics and Computers in Simulation*, 62(7), 189-204.

Prasetyo, D., & Rahayu, W. (2023). Application of Python in Solving Differential Equations in Physics. *Indonesian Journal of Physics Education*, 15(5), 107-116.

Zahra, A., & Fauzi, F. (2020). Comparison Between Standard RK4 and Modified RK4 with Optimization Techniques. *Journal of Numerical Analysis and Optimization*, 9(4), 89-101.

Zill, D.G., (2013), A First Course in Differential Equations with Modeling Applications, Brooks/Cole, Boston

Ulfa, F., & Wartono, (2019), MODIFIKASI METODE RUNGE-KUTTA ORDE EMPAT KLASIK MENGGUNAKAN KOMBINASI DERET LEHMER DENGAN P = 1 DAN P = 4, Prosiding SainsTeKes, Semnas MIPAKes UMRi, Pekanbaru, vo. 1/ Agustus 2019, 7-15

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pembelajaran Matematika SD Dengan Model Kontekstual Berbasis Kearifan Lokal Gotong Royong Pada Suku Batak Toba

Taruli Marito Silalahi
Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
Coresponding Author:taruli766hi@gmail.com

Abstrak, penelitian yang digunakan adalah studi literature yaitu mengkaji tentang model kontekstual terintegrasi kearifan lokal gotong royong dalam pembelajaran matematika di SD. Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data atau karya ilmiah dari buku, jurnal, dan artikel yang berkaitan dengan pembelajaran kontekstual yang terintegrasi dengan kearifan lokal bergotong royong dalam masyarakat suku Batak Toba. Tahap pengolahan data pada penelitian meliputi reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Pada tahap reduksi data, dilakukan analisis untuk menyederhanakan, mengorganisir, dan menyaring data yang berkaitan dengan pembelajaran kontekstual yang terintegrasi dengan kearifan lokal bergotong royong. Tahap penyajian data (display data) menampilkan data yang telah direduksi, dengan mengkaji sejauh mana peran kearifan lokal bergotong royong dalam pembelajaran matematika yang dapat diimplementasikan melalui model kontekstual. Dan terakhir adalah tahap penarikan kesimpulan yaitu proses akhir di mana temuan-temuan yang telah dianalisis tentang pembelajaran kontekstual yg terintegrasi kearifan lokal bergotong royong pada suku Batak Toba dirangkum untuk menjawab pertanyaan penelitian. Hasil penelitian menunjukkan kegiatan gotong royong dalam masyarakat suku Batak Toba dapat diintegrasikan dalam model pembelajaran kontekstual. Kearifan lokal bergotong royong merupakan nilai budaya yang mengajarkan kebersamaan, kerja sama, dan saling membantu dalam kehidupan bermasyarakat. Nilai ini memiliki relevansi yang kuat dengan pendekatan pembelajaran kontekstual di Sekolah Dasar (SD), yang menekankan pada pengalaman nyata dan keterlibatan aktif siswa dalam proses belajar.
Kata kunci: Gotong Royong; Kontekstual; Matematika

Abstract*, the research used is a literature study, namely reviewing the integrated contextual model of local wisdom of mutual cooperation in mathematics learning in elementary schools. This research was conducted by collecting data or scientific works from books, journals, and articles related to contextual learning integrated with local wisdom of mutual cooperation in the Batak Toba community. The data processing stage in the study includes data reduction, data presentation, and drawing conclusions. At the data reduction stage, an analysis is carried out to simplify, organize, and filter data related to contextual learning integrated with local wisdom of mutual cooperation. The data presentation stage (data display) displays the data that has been reduced, by reviewing the extent to which the role of local wisdom of mutual cooperation in mathematics learning can be implemented through a contextual model. And finally, the conclusion drawing stage is the final process in which the findings that have been analyzed about contextual learning integrated with local wisdom of mutual cooperation in the Batak Toba tribe are summarized to answer research questions. The results of the study show that mutual cooperation activities in the Batak Toba tribe can be integrated into a contextual learning model. Local wisdom of mutual cooperation is a cultural value that teaches togetherness, cooperation, and mutual assistance in community life. This value has strong relevance to the contextual learning approach in Elementary Schools (SD), which emphasizes real experiences and active involvement of students in the learning process.*
Keywords*: Mutual cooperation; Contextual; Mathematics*

Citation : Silalahi, T. M. (2024). Pembelajaran Matematika SD Dengan Model Kontekstual Berbasis Kearifan Lokal Gotong Royong Pada Suku Batak Toba. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 773 – 784

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

PENDAHULUAN

Matematika memainkan peran penting dalam pendidikan dasar karena menjadi dasar bagi banyak bidang ilmu lainnya. Pada tingkat ini siswa diajarkan konsep-konsep dasar seperti bilangan, aritmatika, dan pola. Pemahaman yang baik terhadap konsep-konsep tersebut mendukung keterampilan berpikir logis dan analitis yang diperlukan tidak hanya dalam matematika tetapi juga dalam sains dan teknik di masa depan. Matematika adalah disiplin ilmu fundamental yang berperan penting dalam penguasaan pengetahuan, pengembangan teknologi, serta penerapannya dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari. (Tiara Medyasari, 2024). Pengenalan matematika yang baik di mulai sejak sekolah dasar agar siswa memiliki pondasi yang kuat untuk menghadapi tantangan akademik maupun kehidupan sehari-hari. Selain itu, pembelajaran matematika di sekolah dasar juga membantu siswa mengembangkan keterampilan pemecahan masalah. Dengan mempraktikkan soal dan mengerjakan tugas matematika, siswa dilatih untuk berpikir kritis serta menemukan solusi terhadap berbagai situasi. Keterampilan ini tidak hanya bermanfaat dalam lingkungan akademis, tetapi juga dalam kehidupan sehari-hari, seperti mengelola keuangan, membuat keputusan yang rasional, serta menyelesaikan berbagai persoalan yang memerlukan perhitungan dan analisis secara sistematis. Pada tahap ini siswa mempelajari berbagai konsep dasar seperti bilangan, penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian. Pemahaman yang baik terhadap konsep-konsep ini akan memudahkan penanganan materi yang lebih sulit di jenjang pendidikan berikutnya. Selain itu, matematika mengajarkan berpikir kritis dan logis. Melalui pembelajaran matematika, anak-anak dilatih untuk memecahkan masalah, membuat keputusan, dan beradaptasi dengan situasi baru, yang semuanya merupakan keterampilan penting untuk perkembangan mereka di masa depan.

Pentingnya kemampuan matematika tidak sejalan dengan kenyataan yang ada. Kemampuan matematika siswa sekolah dasar (SD) di Indonesia menunjukkan tren yang memprihatinkan. Berdasarkan hasil Programme for International Student Assessment (PISA) 2018, Indonesia menempati peringkat 75 dari 81 negara dengan skor 379 dalam bidang matematika, jauh di bawah rata-rata OECD yang mencapai 489. Selain itu, data Asesmen Nasional 2021 menunjukkan bahwa 2 dari 3 peserta didik belum mencapai kompetensi minimum dalam numerasi. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan matematika siswa Indonesia perlu mendapatkan perhatian serius. Penurunan kemampuan matematika ini juga terlihat dalam analisis yang dilakukan oleh The SMERU Research Institute. Mereka menemukan bahwa antara tahun 2000 dan 2014, kemampuan matematika siswa mengalami penurunan signifikan. Pada tahun 2000, sekitar 60% siswa kelas 4 mampu menjawab soal-soal setingkat kelas 3 atau lebih rendah dengan benar, namun pada tahun 2014, angka ini menurun menjadi 46%.

Rendahnya kemampuan matematika siswa SD disebabkan beberapa faktor, salah satunya penggunaaan model pembelajaran. Model pembelajaran yang tidak mengaitkan dengan dunia nyata siswa membuat siswa merasa tidak membutuhkan matematika dalam kehidupannya. Agar siswa lebih mudah memahami dan mengaplikasikan konsep matematika yang abstrak sebaiknya pembelajaran berbasis konteks dunia nyata. Selanjutnya pembelajaran yang berpusat pada guru saja tanpa merangsang siswa untuk membangun pemahamannya sendiri melalui eksplorasi dan pengalaman sendiri berdampak negatif terhadap perkembangan kognitif siswa hanya menghafal materi tanpa memahami konsepnya. Pembelajaran sebaiknya di rancang untuk melibatkan siswa secara aktif, baik bertanya, meneliti dan mampu menemukan jawaban sendiri dari suatu permasalahan matematik. Menumbuhkan motivasi siswa selama proses pembelajaran melalui kegiatan refleksi dan evaluasi akan memberikan umpan balik yang baik dari siswa itu sendiri,

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pembelajaran kontekstual adalah pendekatan yang menekankan pentingnya menghubungkan materi pelajaran dengan kehidupan nyata siswa. Dalam metode ini, siswa tidak hanya mempelajari teori, tetapi juga cara menerapkannya dalam berbagai situasi sehari-hari. Pendekatan ini membantu mereka memahami relevansi setiap pelajaran, yang pada akhirnya dapat meningkatkan motivasi dan minat belajar. Salah satu komponen utama dalam pembelajaran kontekstual adalah kolaborasi. Melalui kerja sama dalam kelompok, siswa dapat berbagi ide dan pengalaman, menjadikan proses belajar lebih interaktif dan menyenangkan. Kolaborasi ini tidak hanya memperdalam pemahaman materi, tetapi juga mengembangkan keterampilan sosial dan komunikasi yang penting dalam kehidupan. Dengan bertukar pandangan, siswa dapat memahami berbagai perspektif serta menemukan beragam solusi terhadap suatu masalah. Selain itu, pembelajaran kontekstual mendorong siswa untuk berpikir kritis dan kreatif. Dengan menghadirkan permasalahan nyata yang harus diselesaikan, siswa diajak mengeksplorasi berbagai strategi dan pendekatan. Metode ini tidak hanya membekali mereka untuk menghadapi tantangan akademis, tetapi juga melatih mereka beradaptasi dalam dunia yang terus berkembang. Dengan demikian, pembelajaran kontekstual berperan penting dalam membentuk generasi yang lebih siap, mandiri, dan berdaya saing di masa depan.

Pembelajaran kontekstual memiliki beberapa kelebihan dalam meningkatkan kemampuan matematis siswa yakni: (1) Relevansi dengan Kehidupan nyata dengan mengaitkan konsep matematika dengan situasi dan masalah yang dihadapi siswa dalam kehidupan sehari-hari sehingga siswa lebih memahami bagaimana matematika diterapkan dalam konteks nyata, yang memudahkan mereka dalam mengidentifikasi dan merumuskan masalah matematis yang relevan; (2) Peningkatan Keterampilan Kolaboratif: Dalam pembelajaran kontekstual, siswa sering bekerja dalam kelompok untuk menyelesaikan masalah. Hal ini tidak hanya meningkatkan kemampuan pemecahan masalah secara individu, tetapi juga mendorong mereka untuk berdiskusi, berbagi ide, dan mencari solusi secara kolaboratif. Interaksi ini dapat memperkaya pemahaman mereka dan memberikan berbagai perspektif dalam memecahkan masalah; (3) Pengembangan Berpikir Kritis dan Kreatif: Pembelajaran kontekstual menantang siswa untuk berpikir kritis dan kreatif dalam mencari solusi. Mereka diajak untuk menganalisis situasi, merumuskan hipotesis, dan mencoba berbagai pendekatan untuk memecahkan masalah. Proses ini melatih mereka untuk tidak hanya mencari jawaban, tetapi juga memahami proses berpikir yang diperlukan dalam pemecahan masalah matematis. Dalam pembelajaran kontekstual yang diterapkan diharapkan dapat terintegrasi dengan kearifan lokal yang ada. Penerapan pembelajaran dalam kelas selama ini masih menggunakan model kontekstual tetapi tidak berbasis etnomatematika (Mei et al., 2021).

Kearifan lokal merupakan tatanan sosial budaya yang mencakup pengetahuan, norma, peraturan, serta keterampilan masyarakat di suatu wilayah dalam memenuhi kebutuhan hidup bersama. Tatanan ini diwariskan secara turun-temurun (Andika Arisetyawan dalam Hidayati, 2016). Kearifan lokal masyarakat Nusantara memiliki beragam bentuk, di antaranya sistem norma dan nilai sosial, kearifan dalam kebudayaan lokal, pengetahuan lokal, serta pengetahuan tradisional. Salah satu bentuk kearifan lokal adalah gotong royong, yakni kegiatan sosial yang dilakukan secara bersama-sama untuk menyelesaikan suatu pekerjaan atau beban. Kearifan lokal yang tercermin dalam praktik gotong royong ini berasal dari nilai budaya luhur yang telah dipraktikkan oleh nenek moyang sejak zaman dahulu. Tradisi gotong royong telah menjadi bagian dari kehidupan masyarakat etnik Batak Toba dalam mengatasi berbagai permasalahan yang mereka hadapi sejak lama (Robert Sibarani, 2014:1). Gotong royong diperlukan karena tidak semua pekerjaan dapat diselesaikan oleh individu sendiri, dan pekerjaan dapat lebih cepat diselesaikan jika dilakukan secara bersama-sama. Selain

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

diterapkan dalam kegiatan yang berkaitan dengan mata pencaharian (marsiadapari) dan upacara adat, gotong royong juga dilakukan dalam berbagai pekerjaan umum, seperti pembukaan kampung, perbaikan irigasi, pendirian rumah, hingga pelaksanaan ritual-ritual religi.

Kearifan lokal gotong royong pada dasarnya merupakan warisan leluhur bangsa Indonesia yang terdapat di berbagai daerah dan etnik dengan beragam istilah serta penerapannya. Meskipun istilah dan bentuk pelaksanaannya berbeda, esensinya tetap sama, yakni menggabungkan potensi, tenaga, sumber daya, dan sumber dana secara bersama-sama untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Dalam kehidupan masyarakat Batak Toba pada zaman dahulu, hampir semua aspek kehidupan dijalankan dan diselesaikan melalui gotong royong. Pelaksanaan upacara adat dalam siklus kehidupan mulai dari upacara kelahiran, upacara perkawinan sampai upacara kematian serta pelaksanaan kegiatan mata pencarian mulai dari menanam, mengelola, dan memanen dilaksanakan dengan gotong-royong. Pada waktu melakukan kegiatan perlu untuk memotivasi, mempercepat dan memberdayakan orang-orang dalam melaksanakan dan menyelesaikan setiap tahapan kegiatan, tradisi atau pekerjaan.

Koentjaraningrat dalam Sibarani (2014) mengungkapkan beberapa alasan mengapa masyarakat melakukan gotong royong, yaitu: (1) manusia tidak hidup sendiri, melainkan dalam komunitas yang berinteraksi dengan lingkungan alamnya; (2) setiap individu memiliki kelemahan dan kelebihan yang mendorongnya untuk bekerja sama dengan orang lain; (3) keberlangsungan hidupnya sangat bergantung pada bantuan dan dukungan sesama; (4) menjaga hubungan baik dengan orang lain merupakan hal penting dalam kehidupan sosial; dan (5) menyesuaikan diri dengan harapan serta norma yang berlaku dalam masyarakat. Pekerjaan yang digotong royongkan pada umumnya yang berkaitan dengan pekerjaan lahan pertanian, acara adat sukacita terlebih dalam adat dukacita. Kebiasaan masyarakat Batak Toba yang sudah melakukan tradisi gotong royong dalam setiap pelaksanaan kegiatan yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari.

Kegiatan gotong royong pada suku batak toba terintegarasi kedalam model pembelajaran kontekstual dimana kearifan lokal memberikan konteks yang kaya untuk materi pembelajaran matematika secara nyata. Misalnya konsep penjumlahan dan pengurangan bilangan yang dapat dijumpai dalam transaksi jual beli di pasar, konsep geometri dalam proses pengumbinan dalam proyek-proyek bangunan dan lain sebagainya yang juga dilaksanakan masyarakat batak toba. Selanjutnya pembelajaran kontekstual yang mengintegrasikan kearifan lokal dapat membantu siswa menginternalisasi nilai-nilai budaya dan karakter yang ada dalam masyarakat mereka. Misalnya, nilai-nilai gotong royong, menghargai lingkungan, dan saling menghormati dapat diajarkan melalui praktik-praktik lokal yang sudah ada. Dengan mengintegrasikan kearifan lokal dalam pembelajaran, siswa tidak hanya belajar teori tetapi juga berpartisipasi dalam kegiatan yang memberdayakan masyarakat. Misalnya, proyek pembelajaran yang melibatkan pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan dapat membantu siswa memahami pentingnya kearifan lokal dalam menjaga lingkungan, sekaligus memberi dampak positif bagi masyarakat sekitar. Melalui integrasi ini, pembelajaran menjadi lebih dinamis dan bermakna, baik bagi siswa maupun masyarakat.

Pembelajaran kontekstual yang terintegrasi pada kearifan lokal gotong royong juga dapat mengaitkan materi pelajaran dengan praktik gotong royong yang telah lama diterapkan dalam masyarakat Batak Toba, seperti *marsiadapari* (kerja sama dalam pertanian) atau gotong royong dalam pembangunan rumah adat. Selain itu sintaks pembelajaran kontekstual menekankan kerja kelompok, diskusi, dan pemecahan masalah secara bersama-sama, yang mencerminkan nilai gotong royong yang ada pada suku Batak Toba. Dalam hal ini gotong royong tidak hanya mengajarkan keterampilan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

akademis tetapi juga nilai-nilai seperti kerja sama, empati, dan tanggung jawab sosial antar sesame siswa. Berdasarkan kajian diatas penulis tertarik melakukan kajian tentang Pembelajaran Matematika SD Dengan Model Kontekstual Berbasis Kearifan Lokal Gotong Royong Pada Suku Batak Toba.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur (*literature study*), yaitu penelitian yang dilakukan dengan mengumpulkan data dari berbagai sumber pustaka melalui proses membaca, mencatat, serta mengelola data secara objektif, sistematis, analitis, dan kritis. Sumber data yang dianalisis dalam penelitian ini adalah hasil-hasil penelitian yang berkaitan dengan Model Pembelajaran Kontekstual dalam Pembelajaran Matematika di SD berbasis kearifan lokal gotong royong pada Suku Batak Toba. Analisis dalam penelitian literatur ini dilakukan secara mendalam untuk memperoleh hasil yang objektif mengenai penerapan model pembelajaran kontekstual dalam konteks tersebut. Data yang dianalisis merupakan data sekunder, yaitu hasil penelitian terdahulu yang terdapat dalam buku, jurnal, artikel, situs internet, dan sumber relevan lainnya yang berkaitan dengan Model Pembelajaran Kontekstual dalam Pembelajaran Matematika di SD berbasis kearifan lokal gotong royong pada Suku Batak Toba.

Dalam penelitian studi literatur ini, pemilihan sumber literatur dilakukan berdasarkan beberapa kriteria untuk memastikan relevansi dan kualitas data yang digunakan. Adapun kriteria pemilihan sumber literatur meliputi: (1) Relevansi dengan Topik Penelitian: Sumber yang dipilih harus berkaitan dengan Model Pembelajaran Kontekstual dalam Pembelajaran Matematika di SD berbasis kearifan lokal gotong royong pada Suku Batak Toba dan penelitian yang membahas aspek pembelajaran kontekstual, etnomatematika, serta gotong royong dalam pendidikan dasar juga menjadi bagian dari referensi; (2) Tahun Publikasi: Sumber yang digunakan diutamakan dari publikasi 10 tahun terakhir yaitu dari tahun 2014-2024, kecuali jika terdapat referensi klasik yang masih relevan dan memiliki kontribusi signifikan terhadap kajian ini.; (3) Jenis Sumber: Literatur yang digunakan mencakup jurnal ilmiah, buku akademik, prosiding konferensi, serta laporan penelitian dan rrtikel dari situs web hanya digunakan jika berasal dari sumber yang kredibel, seperti lembaga pendidikan, penelitian, atau pemerintah; (4) Kualitas Sumber; Jurnal yang digunakan diutamakan berasal dari jurnal terindeks nasional (SINTA) atau internasional (Scopus, Web of Science, atau DOAJ) untuk memastikan validitas dan reliabilitas informasi dan buku yang digunakan merupakan karya akademik yang diterbitkan oleh penerbit bereputasi.

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa batasan geografis dan demografis dalam pemilihan studi literatur guna memastikan bahwa sumber yang digunakan sesuai dengan konteks penelitian. Adapun batasan tersebut meliputi:(1) Batasan Geografis: Literatur yang dipilih berfokus pada penelitian di Indonesia, terutama yang membahas Model Pembelajaran Kontekstual dalam Pembelajaran Matematika SD berbasis kearifan lokal. Adapun ajian utama difokuskan pada kearifan lokal gotong royong dalam masyarakat Batak Toba, sehingga sumber yang meneliti aspek pendidikan di wilayah Sumatera Utara, khususnya komunitas Batak Toba, menjadi prioritas. Namun demikian, penelitian dari luar negeri yang membahas konsep pembelajaran kontekstual atau etnomatematika juga dapat dijadikan referensi komparatif untuk memperkaya perspektif penelitian; (2) Batasan Demografis: Fokus penelitian ini adalah pada pembelajaran di tingkat Sekolah Dasar (SD), sehingga literatur yang dipilih lebih mengarah pada studi yang membahas pendidikan dasar dan sumber yang digunakan lebih diutamakan yang membahas peran kearifan lokal dalam pembelajaran matematika di SD, bukan di jenjang pendidikan yang lebih tinggi. Dengan adanya batasan ini, penelitian

diharapkan dapat lebih terarah dalam menganalisis bagaimana kearifan lokal gotong royong Batak Toba dapat terintegrasi dalam pembelajaran kontekstual matematika di SD, serta memberikan hasil yang lebih spesifik dan aplikatif dalam konteks pendidikan di Indonesia.

Teknis analisi data dalam penelitian ini dengan menggunakan teknik analisis data analisis isi (*content analysis*). Analisis data dimulai mengumpulkan data tentang Pembelajaran Kontekstual dalam Matematika SD dan Kearifan Lokal Gotong pada Suku Batak Toba. Setelah data diperoleh, dilakukan tahap reduksi data yaitu memilah data hasil penelitian dari yang paling relevan, relevan dan cukup relevan. Tahap reduksi ini juga data penelitian dianalisis dari tahun yang paling mutakhir dan dilanjutkan dengan tahun tahun sebelumnya. Selanjutnya, dilakukan tahap display data yakni menampilkan hasil analisis data yang diperoleh peneliti dari sumber data penelitian. Pada tahap ini peneliti melakukan kajian dengan membaca hasil penelitian yang relevan terdapat dalam buku, jurnal dan artikel yang menjadi sumber data dalam penelitian. Ditahap akhir peneliti melakukan simpulan dengan merangkum hasil analisis tentang kajian yang diteliti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gotong Royong Sebagai Kearifan Lokal Batak Toba

Menurut Sibarani (2014), kearifan lokal adalah nilai budaya yang dapat dimanfaatkan untuk mengatur tatanan kehidupan masyarakat secara aktif dan bijaksana. Kearifan lokal dapat berbentuk keunggulan budaya masyarakat setempat maupun kondisi geografis dalam arti luas. Selain itu, kearifan lokal juga merupakan produk budaya masa lalu yang perlu dijadikan pegangan hidup secara berkelanjutan (Bambang Cahyono, 2023). Berdasakan hal tersebut dapat di simpulkan kearifan lokal merupakan nilai budaya yang memiliki peran penting dalam mengatur kehidupan masyarakat, berbentuk keunggulan budaya masyarakat setempat maupun kondisi geografis, yang mencerminkan identitas dan karakter suatu komunitas. Selain itu, kearifan lokal tidak hanya berakar pada budaya masa lalu, tetapi juga harus terus dijaga dan dijadikan pegangan hidup yang berkelanjutan, agar tetap relevan dalam menghadapi perkembangan zaman.

Nilai dan norma budaya yang digunakan untuk mengatasi berbagai persoalan hidup dalam masyarakat mencerminkan kearifan lokal dari masyarakat tersebut. Kearifan lokal semacam ini memiliki peran penting dalam memberdayakan masyarakat agar mampu menghadapi tantangan kehidupan secara mandiri dan berkelanjutan. Kearifan lokal merupakan bagian dari budaya suatu masyarakat yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sosialnya, sehingga menjadi modal dalam pembentukan karakter luhur (Firmando, 2022). Nilai-nilai kearifan lokal berfungsi sebagai pedoman dalam mencapai tujuan hidup, yang sekaligus menjadi motivasi dalam membentuk perilaku masyarakat. Agar kearifan lokal dapat diaktualisasikan sebagai pedoman berperilaku, diperlukan pengorganisasian yang dilakukan oleh sistem sosial dalam masyarakat. Nilai-nilai kearifan lokal juga dapat menjadi motivasi bagi masyarakat Batak Toba, mendorong terbentuknya etos kerja individu maupun komunitas dalam meraih prestasi dan mencapai cita-cita.

Robinson dalam Firmando (2022) membedakan kearifan lokal menjadi dua kategori, yaitu kearifan lokal internal dan kearifan lokal eksternal. Kearifan lokal internal merujuk pada nilai-nilai budaya yang telah tertanam dalam sistem pendidikan, sehingga membentuk generasi yang memiliki sikap, cara berpikir, dan tutur kata selaras dengan kearifan lokal yang diperoleh selama proses pembelajaran. Sedangkan kearifan lokal eksternal tercermin ketika suatu generasi mampu menjaga kelestarian serta menciptakan produk budaya yang mencerminkan dan mengandung nilai-nilai kearifan lokal yang diwariskan. Selanjutnya, Sinaga (2014) menyatakan bahwa wujud nyata

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

kebudayaan Batak Toba dapat dikategorikan sebagai berikut: (1) Benda konkret, (2) Sistem sosial, meliputi silsilah, bahasa Batak, *marsiadapari* (gotong royong), serta sifat budaya yang terbuka; (3) Sistem budaya; dan (4) Sistem nilai, Nilai-nilai kearifan lokal ini menjadi pedoman hidup masyarakat Batak Toba dan diwujudkan dalam berbagai ungkapan filosofi yang membentuk pola pikir serta perilaku masyarakat dalam kehidupan sehari-hari.

Menurut Sartini dalam Bambang Cahyono (2023), kearifan lokal memiliki berbagai fungsi, di antaranya: (1) Sebagai sarana konservasi dan pelestarian sumber daya alam; (2) Berperan dalam pengembangan sumber daya manusia; (3) Mendukung pengembangan kebudayaan dan ilmu pengetahuan; (4) Berfungsi sebagai petuah, kepercayaan, sastra, dan pantangan; (5) Memiliki makna sosial, seperti dalam upacara integrasi komunitas atau kerabat; (6) Berperan dalam aspek sosial, misalnya dalam upacara daur pertanian (7) Mengandung nilai etika dan moral dan (8) Memiliki makna politik, seperti dalam upacara *ngangkuk merana* dan sistem kekuasaan patron-klien. Dari fungsi diatas dapat dilihat kearifan lokal memiliki peran yang luas dan multidimensional dalam kehidupan masyarakat. Selain berfungsi sebagai sarana konservasi lingkungan dan pengembangan sumber daya manusia, kearifan lokal juga berkontribusi dalam pelestarian budaya, ilmu pengetahuan, dan nilai-nilai sosial. Selain itu, kearifan lokal berperan dalam membentuk etika, moral, serta sistem kepercayaan masyarakat, yang tercermin dalam berbagai tradisi, upacara adat, dan aturan sosial. Bahkan, dalam aspek politik, kearifan lokal turut memengaruhi struktur kekuasaan dan mekanisme hubungan sosial dalam komunitas. Oleh karena itu, kearifan lokal tidak hanya berfungsi sebagai warisan budaya, tetapi juga sebagai panduan dalam menjalani kehidupan yang harmonis dan berkelanjutan.

Menurut Sutarno dalam (Bambang Cahyono : 2023) ada empat macam pembelajaran berbasis budaya yaitu: (1) mempelajari budaya, yaitu memahami budaya sebagai suatu disiplin ilmu; (2) belajar menggunakan budaya, yaitu ketika budaya diperkenalkan kepada siswa sebagai metode dalam memahami suatu materi; (3) belajar melalui budaya, yakni strategi yang memungkinkan siswa menunjukkan pemahaman mereka terhadap suatu mata pelajaran melalui berbagai bentuk budaya; (4) belajar dalam budaya, yaitu proses adaptasi budaya ke dalam perilaku sehari-hari siswa.

(Tampubolon et al., 2022) menyatakan gotong royong adalah suatu pekerjaan yang dilakukan secara bersama-sama dengan melibatkan beberapa orang untuk meyelesaikan suatu pekerjaan. Gotong royong merupakan suatu konsep atau nilai yang mengacu pada kerja sama atau gotong royong antar individu atau kelompok dalam suatu masyarakat untuk mencapai tujuan bersama tanpa mengharapkan imbalan materi. Secara umum gotong royong mencerminkan rasa persatuan, solidaritas, dan kepedulian bersama dalam menghadapi berbagai permasalahan dan tantangan di lingkungan sosial**.** Solidaritas merupakan elemen fundamental dalam interaksi antara individu dan masyarakat, di mana peranannya menjadi dasar yang signifikan dalam membangun kehidupan bermasyarakat (Harianja et al., 2024).

Dalam kegiatan gotong royong, diharapkan masyarakat mampu bekerja sama secara sukarela agar pekerjaan dapat berjalan dengan lancar, lebih mudah, dan ringan. Budaya gotong royong telah menjadi pedoman dalam kehidupan berbangsa dengan memperkuat institusi sosial lokal yang masih berlandaskan nilai-nilai kebersamaan, menjunjung tinggi moral dan etika, serta menanamkan kejujuran dan sikap saling percaya. Gotong royong merupakan ciri khas masyarakta Indonesia yang harus tetap dijaga keberadaannya. Gotong royong mencerminkan kebiasaan masyarakat agraris di pedesaan yang saling membantu dalam bekerja tanpa mengharapkan imbalan, sebagai tradisi yang telah diwariskan secara turun-temurun. Sebagai kegiatan sosial-budaya tidak hanya dipraktikkan di

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pedesaaan meskipun pada awalnya demikian, namun dapat juga dipraktekkan di daerah perkotaan dalam pelaksanaan upacara adat (kelahira, pernikahan dan kematian). Kebiasaan gotong royong yang telah mengakar dalam diri setiap individu di Indonesia menjadikan tradisi ini memiliki nilai yang penting (Tradisi et al., 2020) dalam kehidupan masyarakat Batak Toba.

Menurut (Sibarani: 2014) menyatakan fungsi dari gotong royong pada suku Batak Toba yaitu: (1) meningkatkan produktivitas; (2) mempermudah penyelesaian suatu pekerjaan atau beban; (3) menghemat waktu dalam mengerjakan sesuatu pekerjaan atau beban; (4) menghemat biaya dalam menyelesaikan suatu pekerjaan atau beban; (5) meningkatkan rasa kebersamaan; dan (6) membangun komunikasi yang lebih baik antara anggota masyarakat. Dengan penerapan gotong royong dalam kehidupan masyarakat Batak Toba akan menumbuhkan nilai-nilai solidaritas yang semakin kuat dalam seluruh aspek kehidupan.

Marsiadapari, kegiatan bergotong royong sudah menjadi suatu tradisi yang diturun oleh leluhur dalam meyelesaikan kegiatan sehari-hari baik dalam pekerjaan di pertanian begitu juga kegiatan adat sukacita dan dukacita. Budaya gotong royong dalam Batak Toba disebut *marsiadapari* berarti saling bahu-membahu, tolong-menolong, dan bekerja sama antar sesama, yang dilakukan secara serentak oleh sekelompok orang dalam suatu *huta* (kampung). Gotong royong ini melibatkan bantuan dalam bentuk tenaga, waktu, dan materi agar suatu pekerjaan atau kegiatan dapat diselesaikan dengan lebih cepat, efisien, dan efektif (Harianja et al., 2024). Pada dasarnya, budaya *marsiadapari* (gotong royong) merefleksikan nilai-nilai luhur, keyakinan, serta sikap dan perilaku yang dianut bersama oleh suatu masyarakat, terutama dalam komunitas Batak Toba (Harianja et al., 2024).Maka, konsep atau budaya kearifan lokal *marsiadapari* (gotong royong) harus tetap dijaga dan dilestarikan, sebab kearifan lokal *marsiadapari* adalah konsep gotong royong yang menekankan kerja sama dalam membantu sesama guna meringankan beban pekerjaan.

Marhobas merupakan bentuk gotong royong dalam upacara adat yang dilakukan untuk menyiapkan hidangan dalam perayaan adat. Secara morfologis, kata marhobas dibentuk dari awalan awalan mar- “ber”
dan hobas “siap, cekatan”. Strukturnya mar-hobas “bersiap-siap” makna literal marhobas adalah mempersiapkan sesuatu. Gotong royong marhobas pada umumnya dilakukan untuk memasak makanan secara bersama-sama menyajikan makanan dan mempersiapkan kebutuhan-kebutuhan lain pada setiap upacara adat seperti tikar untuk tempat duduk. Orang yang marhobas “mempersiapkan” disebut parhobas “mempersiapkan”. Pada umumnya, para parhobas yang bergotong royong mempersiapkan makanan dan keperluan adat ini berasal dari satu kampung dan satu Persekutuan adat.

Marjule-jule adalah bentuk kerja sama yang dilakukan oleh sekelompok individu dalam sebuah komunitas atau lingkungan tertentu dengan memberikan sumbangan berupa uang atau beras ketika salah satu anggota mengadakan acara adat, seperti pernikahan anak atau upacara *saurmatua/sarimatua* (acara kematian orang tua). Secara morfologis, kata marjule-jule dibentuk dari awalan mar-“ber-” dan jule-jule “arisan”. Strukturnya adalah mar-+ jule-jule : marjule-jule. Jumlah anggota pada umumnya tidak di batasi tetapi berkisar 10-30 orang. Hingga saat ini tradisi marjule-jule ini masih tetap berlangsung di beberapa tempat di daerah asal Batak Toba dengan menggunakan istilah marsarikat.

Mangindahani merupakan bentuk gotong royong di mana warga membawa nasi yang telah dimasak dari rumah mereka untuk diserahkan kepada anggota kampung yang sedang mengadakan acara adat. Tradisi ini mirip dengan *marjule-jule*, tetapi yang diberikan adalah nasi matang dalam jumlah yang telah ditentukan oleh kampung atau persekutuan di desa. *Mangindahani* ini dilakukan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pada waktu upacara adat perkawinan dan upacara kematian sarimatua/saurmatua. Pihak yang mangindahani pada umumnya dongan tubu "pihak semarga" dalam interaksi sosial masyarakat Batak.

Manumpahi, adalah bentuk gotong royong yang dilakukan dengan memberikan sumbangan uang secara sukarela kepada tuan rumah yang menyelenggarakan acara adat. Makna literalnya adalah menyumbang atau memberikan sumbangan. Gotong royong manumpahi dilaksanakan pada setiap acara adat dan diberikan oleh pihak boru "pihak pertama istri", dongan tubu "pihak semarga" dan ale-ale "kolega". Nilai budaya manumpahi sangat membantu orang yang melaksanakan upacara adat karena sering lebih dari setengah biaya acara dapat "ditutupi" tumpak "sumbangan". Manumpahi biasanya dilakukan langsung setelah makan bersama pada acara adat, tetapu di beberapa tempat khusus keluarga dekat manumpahi dilakukan di rumah pada malam hari untuk lebih memberikan bantuan dalam meringankan biaya yang di tanggung oleh tuan rumah. Pelaksanaan manumpahi setelah selesai makan bersama pada umumnya dilakukan dengan memasukkan uang ke dalam tempat yang telah di sediakan sambil menyalam keluarga tuan ruma. Gotong royong manumpahi hingga sekarang masih terus berlangsung pada masyarakat Batak Toba, bukan hanya di daerah asal melainkan juga di perkotaan.

Matematika dalam Pembelajaran Kontekstual

Sumarno dalam (Rakhmawati & Alifia, 2018) menjelaskan tujuan pembelajaran matematika, yaitu: (1) memahami konsep-konsep dalam matematika; (2) menggunakan penalaran untuk mengenali pola dan sifat; (3) menyelesaikan berbagai permasalahan matematis; (4) mengomunikasikan gagasan melalui simbol, tabel, diagram, atau media lain guna memperjelas suatu kondisi atau masalah; serta (5) menumbuhkan sikap menghargai manfaat matematika dalam kehidupan, memiliki rasa ingin tahu, perhatian, serta minat dalam mempelajari matematika, sekaligus bersikap gigih dan percaya diri dalam menyelesaikan masalah.

Untuk membantu siswa lebih memahami ide-ide abstrak, analisis matematika ini dapat digunakan sebagai alat pembelajaran kontekstual yang menghubungkan pendidikan matematika dengan budaya lokal. Selanjutnya pola-pola matematika dalam dekorasi ini dapat dipelajari lebih lanjut dengan menggunakan teknologi modren seperti analisis gambar, yang menawarkan pemahaman yang lebih besar tentang bagaimana matematika digunakan dalam budaya tradisional (Albani et al., 2024)

Wahyudin Zarkasyi (2018) menyatakan bahwa pembelajaran kontekstual bertujuan untuk membantu peserta didik menggali potensi mereka dengan mempelajari konsep-konsep serta menerapkannya dalam kehidupan nyata di lingkungan sekitar. Sementara itu, Jhonson dalam Wahyudin Zarkasyi (2018) menjelaskan bahwa pembelajaran kontekstual merupakan suatu sistem yang mekanisme yang menstimulasi kinerja otak membentuk pola-pola yang menghubungkan materi akademis dengan konteks kehidupan sehari-hari sehingga menciptakan pemahaman yang bermakna. Pembelajaran kontekstual juga dapat dipandang sebagai suatu pendekatan dalam pembelajaran yang memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengaplikasikan pemahaman dan kemampuan akademiknya dalam berbagai konteks, baik di dalam maupun di luar kelas, guna menyelesaikan permasalahan nyata atau yang disimulasikan secara efektif.

Depdiknas dalam Wahyudin Zarkasyi (2018) menjelaskan bahwa pendekatan pembelajaran kontekstual adalah suatu pendekatan yang memungkinkan guru mengaitkan materi ajar dengan kehidupan nyata, sehingga mendorong siswa untuk menghubungkan pengetahuan yang telah mereka peroleh dengan penerapannya dalam keseharian. Beberapa langkah yang dapat dilakukan guru dalam

menerapkan pendekatan ini meliputi: (1) menciptakan hubungan yang bermakna antara materi dan pengalaman siswa; (2) mengadakan kegiatan yang menghubungkan pembelajaran di sekolah dengan berbagai konteks dunia nyata dalam kehidupan masyarakat; (3) mendorong kerja sama, komunikasi, dan interaksi antar siswa dalam kelompok; serta (4) membantu siswa dalam menerapkan pengetahuan akademisnya dalam kehidupan nyata untuk tujuan yang lebih bermakna.

Menurut Hasnawati dalam Isrok'atun & Amelia Rosmala (2018), pembelajaran kontekstual (*Contextual Teaching and Learning*) merupakan pendekatan yang memungkinkan guru mengaitkan materi ajar dengan pengalaman nyata siswa, serta mendorong mereka untuk menghubungkan pengetahuan yang telah dimiliki dengan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari, baik di lingkungan keluarga maupun masyarakat. Pendapat ini menunjukkan bahwa model pembelajaran kontekstual memberikan pengalaman belajar yang relevan bagi siswa, di mana materi yang dipelajari tidak terasa asing karena berhubungan langsung dengan kehidupan mereka. Mempelajari hal-hal yang nyata menjadikan pembelajaran lebih bermakna, membantu siswa memahami konsep dengan lebih baik, serta memberikan kesempatan bagi mereka untuk menerapkan kembali ilmu yang diperoleh dalam kehidupan sosial dengan cara yang tepat.

Matematika dalam Pembelajaran Kontekstual Berbasis Kearifan Lokal Gotong Royong

Matematika selama ini hanya dimaknai sebagai mata pelajaran yang abstrak, membutuhkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif dalam memecahkan masalah-masalah matematika. Namun sesungguhnya dalam pembelajaran matematika itu sendiri mengandung nilai-nilai pendidikan karakter yang konsitensi Dewi dalam (Rakhmawati & Alifia, 2018). Dengan kata lain, jika kita ingin merubah suatu negara maka terlebih dahulu mengubah karakter masyarakatnya. Pembelajaran yang berlandaskan budaya Batak merupakan proses pengembangan kompetensi sikap, pengetahuan, dan keterampilan peserta didik dengan mengintegrasikan nilai-nilai budaya Batak, pola interaksi sosial, serta konstruksi pengetahuan yang didasarkan pada permasalahan nyata dan lingkungan budaya Batak Toba (Sinaga, 2014).

Matematika dalam budaya merupakan bagian penting dari pemahaman dan ekspresi manusia, bukan hanya alat untuk menghitung. Salah satu bentuk eskpresi budaya yang paling nyata (Albani et al., 2024). Menurut Tiara Medyasari (2024), matematika merupakan bagian dari budaya yang telah menyatu dalam berbagai aspek kehidupan masyarakat. Matematika telah membentuk peradapan manusia sejak zaman kuno hingga zaman modren saat ini.

Etnomatematika merupakan disiplin ilmu yang mengaitkan konsep matematika dengan elemen budaya di suatu daerah. hubungan ini tercermin dalam penerapan konsep matematika yang disesuaikan dengan budaya setempat, sehingga peserta didik lebih mudah memahami materi dan merasa bahwa matematika adalah bagian dari budaya mereka (Muhtadi dalam Naja et al., 2022). selain itu, etnomatematika berfungsi sebagai penghubung antara budaya dan pendidikan matematika dengan menciptakan suasana belajar yang lebih menyenangkan. pendekatan ini dapat meningkatkan motivasi siswa dalam belajar matematika, yang pada akhirnya berkontribusi pada pengembangan kemampuan berpikir kritis matematis mereka (Tiara Medyasari, 2024).

Pendekatan pembelajaran kontekstual berbasis etnomatematika mengaitkan konsep matematika dengan kehidupan sehari-hari melalui integrasi unsur budaya lokal dalam proses belajar mengajar. metode ini menggabungkan aspek budaya dalam materi ajar, mencakup: (1) nilai-nilai budaya; (2) norma keberagaman; dan (3) aktivitas budaya yang dilakukan masyarakat (Naja et al., 2022). karena

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

pembelajaran kontekstual menekankan pengalaman langsung peserta didik, pendekatan berbasis budaya lokal diharapkan dapat meningkatkan hasil belajar matematika.

Kearifan lokal pada gotong royong pada etnik Batak Toba memiliki perbedaan perwujudan dengan gotong royong pada etnik lain, tetapi konsepnya relatif sama, yaitu suatu kegiatan bersama dalam melakukan suatu pekerjaan atau bersama-sama mengerjakan suatu pekerjaan. Pemanfaatan kearifan lokal di Sumatera Utara dalam bentuk permainan dalam pembelajaran menciptakan suasana yang berbeda bagi siswa, sehingga meningkatkan semangat dan motivasi mereka dalam mengikuti proses belajar yang dikembangkan oleh guru (Sudarta, 2022). (Adrian et al., 2016) menyatakan bahwa pembelajaran berdasarkan budaya Batak Toba dapat membuat guru dan siswa berpastisipasi aktif sehingga memaksimal proses pembelajaran. Dalam hasil penelitian ini mendesai lembar aktifitas siswa (LAS) yang didesain dengan memberikan contoh-contoh yang terdapat unsur budaya Batak Toba yang dekat dengan kehidupan sehari-hari siswa. Siswa memperoleh kemampuan berpikir kritis dan analitis serta apresiasi yang lebih dalam terhadap keberagaman budaya melalui studi tentang hubungan antara budaya dan matematika (Albani et al., 2024).

KESIMPULAN

Gotong royong merupakan konsepsi sosi-kultural yang melekat dalam praktik kehidupan masyarakat untuk sebagian besar etnik di Indonesia. Kegiatan gotong royong pada suku Batak Toba menjadi sesuatu kearifan lokal yang turun temurun di wariskan dari generasi ke generasi. Sebagian besar aspek kehidupan masayarakat Batak Toba terintegrasi kedalam kegiatan gotong royong dalam kegiatan sehari-hari baik dalam menyelesaiakan pekerjaan di pertanian, kegiatan dukacita maupun kegiatan adat-adat lain nya yang berlangsung. Beberapa jenis kegaiatan gotong royong yang masih dilestarikan oleh suku Batak Toba seperti *marsiadapari*, *marhobas*, *marjule-jule*, *mangindahani*,dan *manumpahi* masih tetap diterapkan sampai saat ini. Kegiatan gotong royong pada pada suku Batak Toba ini memiliki kesamaan dengan penerapan model pembelajaran kontestual. Penerapan pembelajaran kontekstual melalui langkah-langkah pembelajaran kontekstual terintegrasi kedaalam tahap sintaks kontesktual yaitu dalam langkah masyarakta belajar (kerja kelompok) dalam proses pembelajaran matematika. Kegiatan ini merupakan wujud penerapan nilai gotong royong Batak Toba dalam pembelajaran matematika yang terbukti mampu meningkatkan pemahaman konsep matematika serta memperkaya pengalaman sosial siswa. Selain itu, pendekatan ini juga membantu siswa mengembangkan sikap kooperatif dan bekerja sama untuk memecahkan masalah. Oleh karena itu, sangat disarankan untuk memasukkan kearifan lokal ke dalam pendidikan matematika untuk memadukan ilmu pengetahuan dan nilai-nilai budaya lokal guna memperkaya pengembangan karakter siswa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Cahyono, B. 2023. Pendidikan Karakter Peserta Didik Berbasis Budaya dan Kearifan Lokal di Era Globalisasi

Adrian, Y., Degeng, N. S., & Utaya, S. (2016). Pengaruh Pembelajaran Kooperatif Stad Terhadap Retensi Siswa Kelas V Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan*

Pengembangan, *1*(2), 222–226.

Albani, B. A., Nababan, G. M., Sembiring, M. B., Faivy, T., & Manjani, N. (2024). *Kearifan Lokal Dalam Matematika : Analisis Konsep Matematika Pada Ornamen Tradisional Adat Sumatera Utara Local Wisdom In Mathematics : An Analysis Of Mathematical Concepts In Traditional Ornaments Of North Sumatran Customs*. 3430–3441.

Firmando, H. B. (2022). *Kearifan lokal sebagai pedoman berperilaku masyarakat batak toba dan relevansinya untuk kemajuan kawasan danau toba 1)*. *8*(September), 166–180.

Harianja, E., Simbolon, R., Firmando, H. B., Sitorus, H., Nadeak, T. R. J., Agama, I., & Negeri, K. (2024). *Eksistensi Marsiadapari dan Relevansinya dengan Teori Solidaritas di Desa Batumanumpak Kecamatan Pangaribuan Kabupaten Tapanuli Utara Tahun 2023 suku dan budaya . Masing-masing daerah memiliki ragam bahasa , kesenian , tradisi , kearifan suatu kebiasaan y*. *2*.

Mei, M. F., Seto, S. B., & Tupen, S. N. (2021). Efektivitas Model Pembelajaran Konstekstual Berbasis Etnomatematika Ditinjau Dari Kemampuan Pemahaman Konsep Matematika Dan Sikap Disiplin. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, *10*(4), 2490. https://doi.org/10.24127/ajpm.v10i4.4227

Naja, F. Y., Mei, A., & Sa'o, S. (2022). Pembelajaran Kontekstual Berbasis Etnomatematika Dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Ditinjau Dari Kemampuan Matematis. *Jupika: Jurnal Pendidikan Matematika*, *5*(1), 38–45. https://doi.org/10.37478/jupika.v5i1.1747

Rakhmawati, I. A., & Alifia, N. N. (2018). *Kearifan lokal dalam pembelajaran matematika sebagai penguat karakter siswa*. *5*(2), 186–196.

Sinaga, B. (2014). Inovasi Model Pembelajaran Berbasis Budaya Batak. *Jurnal Generasi Kampus*, *7*(2), 187–208.

Sudarta. (2022). *済無No Title No Title No Title*. *16*(1), 1–23.

Tampubolon, J. R., Sibarani, R., & Sinulingga, J. (2022). Tradisi Gotong Royong Pada Masyarakat Batak Toba Di Desa Sigapiton Kecamatan Ajibata Kabupaten Toba: Kajian Tradisi Lisan. *Asas: Jurnal Sastra*, *11*(2), 141. https://doi.org/10.24114/ajs.v11i2.37159

Tiara Medyasari, L. (2024). Etnomatematika Sebagai Masalah Kontekstual Dalam Mengembangkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa. *Prosiding Seminar Nasional Matematika*, *7*, 503–509. https://proceeding.unnes.ac.id/prisma

Tradisi, D., Aek, S., & Masyarakat, P. (2020). *Nilai-Nilai Gotong Royong Cooperation Values On Sihali Aek Tradition In Toba Commu-*.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Analisis Regresi Weibull terhadap Determinan Laju Pemulihan Klinis Pasien Penderita Stroke

Suhaimah Harahap[1*], & Didi Febrian[2]
[1,2]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:suhaimahharahap@mhs.unimed.ac.id*

Abstrak, stroke merupakan kondisi medis serius yang tidak hanya berkontribusi terhadap angka kematian, tetapi juga berdampak pada kualitas hidup pasien dan biaya perawatan jangka panjang. Oleh karena itu, memahami determinan yang memengaruhi pemulihan pasien stroke menjadi krusial dalam meningkatkan efektivitas perawatan dan mengurangi risiko komplikasi. Penelitian ini menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi laju pemulihan klinis pasien stroke di RSU Haji Medan menggunakan model regresi Weibull, yang sesuai untuk menganalisis variabel waktu hingga kejadian. Data diperoleh dari 102 pasien stroke, dengan fokus pada variabel jenis kelamin, kebiasaan merokok, kadar hipertrigliserida, dan riwayat Transient Ischemic Attack (TIA). Hasil analisis menunjukkan bahwa jenis kelamin laki-laki, kebiasaan merokok, hipertrigliserida, dan riwayat TIA secara signifikan memperlambat pemulihan pasien stroke. Odds ratio menunjukkan bahwa laki-laki memiliki kemungkinan 19,58% lebih rendah untuk pulih dibandingkan perempuan, sementara pasien yang merokok, memiliki hipertrigliserida, dan memiliki riwayat TIA mengalami penurunan peluang pemulihan masing-masing sebesar 18,72%, 22,88%, dan 17,58%. Temuan ini menegaskan pentingnya pengelolaan faktor risiko dalam mempercepat pemulihan pasien stroke serta merancang strategi intervensi yang lebih efektif.
Kata kunci: Pemulihan Klinis, Regresi Weibull, Stroke, RSU Haji Medan, Faktor Risiko

Abstract*, stroke is a serious medical condition that not only contributes to mortality rates but also impacts patients' quality of life and long-term healthcare costs. Therefore, understanding the determinants influencing stroke patient recovery is crucial for improving treatment effectiveness and reducing the risk of complications. This study analyzes the factors affecting the clinical recovery rate of stroke patients at RSU Haji Medan using the Weibull regression model, which is suitabel for analyzing time-to-event variables. Data were obtained from 102 stroke patients, focusing on variables such as gender, smoking habits, triglyceride levels, and a history of Transient Ischemic Attack (TIA). The analysis results show that male gender, smoking habits, hypertriglyceridemia, and a history of TIA significantly slow down stroke recovery. The odds ratio indicates that males are 19.58% less likely to recover than females, while patients who smoke, have hypertriglyceridemia, and have a history of TIA experience a decrease in recovery probability by 18.72%, 22.88%, and 17.58%, respectively. These findings highlight the importance of managing risk factors to accelerate stroke recovery and designing more effective intervention strategies.*
Keywords*: Clinical recovery, Weibull Regression, Stroke, RSU Haji Medan, Risk*

Citation : Harahap, S., & Febrian, D. (2024). Analisis Regresi Weibull terhadap Determinan Laju Pemulihan Klinis Pasien Penderita Stroke. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 785 – 794

PENDAHULUAN

Matematika memiliki berbagai penerapan dalam berbagai bidang, salah satunya adalah dalam statistika. Dalam ilmu statistika, faktor-faktor yang memengaruhi waktu ketahanan hidup dapat dianalisis menggunakan metode analisis survival atau yang dikenal sebagai uji ketahanan hidup (Solehah & Fatekurohman, 2019). Analisis survival ini juga disebut sebagai analisis antar kejadian atau time-to-event analysis, yang bertujuan untuk memahami berapa lama suatu individu atau objek bertahan hingga suatu peristiwa tertentu terjadi.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam analisis data survival, di antaranya pendekatan nonparametrik, parametrik, dan semiparametrik (David G. Kleinbaum, 2012). Dalam penelitian ini, digunakan metode parametrik dengan model regresi Weibull, yang cocok untuk memodelkan kegagalan dan ketahanan dalam masalah yang berkaitan dengan umur seseorang. Distribusi Weibull merupakan salah satu model parametrik yang sering digunakan dalam analisis survival karena memiliki dua parameter utama, yaitu parameter bentuk *(shape)* dan parameter skala *(scale)* (Otaya, 2016). Model ini merupakan pengembangan dari distribusi eksponensial, di mana nilai hazard-nya tetap, sementara pada distribusi Weibull, nilai hazard tidak konstan, sehingga lebih mencerminkan kondisi nyata dalam proses pemulihan klinis pasien.

Model regresi Weibull menjadi alat analisis yang efektif dalam penelitian klinis karena fleksibilitasnya dalam menggambarkan perubahan laju risiko (hazard) seiring waktu. Dengan parameter shape dan scale, model ini memungkinkan peneliti untuk memahami apakah risiko suatu peristiwa (misalnya, pemulihan klinis) meningkat, menurun, atau tetap stabil seiring waktu. Dalam konteks pemulihan pasien stroke, waktu survival digunakan untuk mengukur lamanya waktu hingga pemulihan klinis tercapai, sehingga memungkinkan peneliti untuk memahami efektivitas intervensi medis serta faktor-faktor yang memengaruhi hasil tersebut.

Stroke merupakan salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas di dunia. Penyakit ini menempati peringkat ketiga sebagai penyebab kematian global setelah kanker dan penyakit jantung, serta menjadi penyebab utama kecacatan di seluruh dunia. Data menunjukkan bahwa stroke menyebabkan 66 juta kematian dan 143 juta kecacatan secara global. Selama empat dekade terakhir, kejadian stroke meningkat lebih dari 100% di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah (Firmawati et al., 2023). Di Indonesia, sebagai negara berkembang, angka morbiditas stroke juga masih tinggi, yaitu 14,7 per mil pada tahun 2018, mengalami peningkatan dari tahun 2013 sebesar 2,6 per mil (Kementerian Kesehatan, 2023).

Proses pemulihan stroke sangat kompleks dan dipengaruhi oleh berbagai faktor. Menurut American Heart Association (AHA, 2015), faktor risiko stroke dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu faktor yang dapat dimodifikasi (seperti merokok, hipertensi, dan kadar lipid dalam darah) dan faktor yang tidak dapat dimodifikasi (seperti usia dan jenis kelamin) (Kementerian Kesehatan, 2022). Memahami faktor-faktor yang memengaruhi laju pemulihan sangat penting dalam berbagai aspek klinis, seperti prediksi waktu pemulihan pasien, perencanaan perawatan yang lebih efektif, pengembangan strategi intervensi yang tepat, serta evaluasi efektivitas berbagai jenis terapi.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa beberapa faktor klinis dan demografis berpengaruh signifikan terhadap waktu ketahanan hidup pasien dengan berbagai kondisi medis. Misalnya, penelitian oleh Solehah & Fatekurohman, (2019) selanjutnya pada penelitian (Mufidah & Purhadi, 2016) Secara visual, informasi menunjukkan bahwa semakin lama waktu yang diperlukan pasien DBD untuk mengalami pemulihan kondisi klinis (t), semakin kecil peluang pasien DBD untuk belum sembuh hingga waktu tertentu, mendekati nol. Pengujian parsial pada variabel usia, jenis kelamin, leukosit, dan hematokrit menunjukkan bahwa variabel-variabel ini memengaruhi model. Pemulihan kondisi klinis pasien DBD dapat diinterpretasikan melalui nilai *hazard ratio* atau untuk penelitian yang sesama penyakit yaitu pada penelitian (Nurul Imani, 2018) dimana penelitian ini menampilkan hasil pengujian akhir pengujian parsial yaitu, faktor-faktor yang mempengaruhi laju perbaikan kondisi klinis pasien penderita stroke seperti jenis kelamin, hiperkolestrolemia, hipertrigliseridemia, dan jenis stroke. Usia, penyakit jantung, diabetes mellitus, hiperkolestrol dan TIA menunjukkan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

model regresi weibull terbaik pada faktor-faktor yang mempengaruhi laju perbaikan kondisi klinis pasien penderita stroke di RSU Haji Surabaya pada penelitian (Furqon, A. 2014).

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, penelitian ini akan fokus pada penggunaan Regresi Weibull. Meskipun sudah ada penelitian sebelumnya tentang Regresi Weibull, penelitian tersebut diterapkan pada penyakit yang berbeda dan dengan variabel yang berbeda pula atau menambah variabel dari sebelumnya. Oleh karena itu, peneliti melakukan penelitian terkait faktor – faktor yang berpengaruh terhadap laju pemulihan kondisi klinis pada pasien penderita stroke dengan menggunakan model regresi Weibull. Diharapkan penelitian ini akan membantu rumah sakit menganalisis waktu laju kesembuhan pasien penyakit stroke di rumah sakit dan juga akan membantu rumah sakit lebih memahami faktor-faktor yang memengaruhi waktu nyata laju kesembuhan seorang pasien.

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari rekam medis pasien stroke yang pernah dirawat inap di UPTD Khusus RSU Haji Medan dalam periode Oktober 2023 hingga Juni 2024. Data tersebut mencakup pasien yang memenuhi kriteria inklusi yang telah ditentukan. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel dependen dan variabel independen. Variabel dependennya adalah Waktu survival (dalam satuan hari), yaitu waktu yang dihitung sejak pasien mulai menjalani perawatan hingga sembuh atau mengalami kejadian tertentu. Data survival ini mencakup data tersensor, yaitu pasien yang masih dalam perawatan hingga akhir periode penelitian. Sedangkan untuk variabel independen adalah variabel-variabel yang diperkirakan memengaruhi kecepatan pemulihan pasien stroke, untuk lebih detail dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Kode	Variabel	Ukuran	Kategori
T	Waktu survival penderita stroke	Kontinu	-
X_1	Tekanan Darah Sistolik	Kontinu	-
X_2	Tekanan Darah Diastolik	Kontinu	-
X_3	Umur	Kontinu	-
X_4	Jenis Kelamin	Kategori	1: Laki – Laki; 0: Perempuan
X_5	Jenis Pembayaran	Kategori	1: BPJS; 0: Non BPJS
X_6	Merokok	Kategori	1: Iya; 0: Tidak
X_7	Penyakit jantung	Kategori	1: Iya; 0: Tidak
X_8	Diabetes mellitus	Kategori	1: Iya; 0: Tidak
X_9	Hiperkolestrol	Kategori	1: Iya; 0: Tidak
X_{10}	Hipertrigliserida	Kategori	1: Iya; 0: Tidak
X_{11}	TIA	Kategori	1: Iya; 0: Tidak
X_{12}	Jenis Stroke	Kategori	1: Iskemik; 0: Hemoragik

Tahapan-tahapan penelitian yang akan dilakukan diawali dengan analisis deskriptif yakni menggambarkan karakteristik pasien stroke yang dirawat di UPTD Khusus RSU Haji Medan. Kemudian dilanjutkan dengan uji distribusi variabel dependen dengan menggunakan uji Anderson-Darling dan Kolmogorov-Smirnov untuk menentukan apakah waktu survival mengikuti distribusi Weibull seperti persamaan (1) dengan hipotesis; H_0 = variabel dependen yang berdistribusi weibull; dan H_1 = variabel dependen yang tidak berdistribusi weibull

$$A^2 = -n - \frac{1}{2}\sum_{i-1}^{n}(2i-1)[\ln F(t_i) + l\ln(1-F(t_{n+1-i}) \quad (1)$$

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Kemudian tahapan selanjutnya adalah uji multikolinearitas. Jika variabel kontinu diuji menggunakan nilai Variance Inflation Factor (VIF) atau persamaan 2, dengan kriteria: Jika VIF melebihi 10 menandakan adanya multikolinearitas yang signikan, sehingga perlu diatasi. Selain menggunakan penilaian VIF, nilai koefisien korelasi Pearson (r_{ij}) antar variabel independen juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi multikolinearitas. jika korelasi diantara variabel independen itu lebih dari 95%, maka dapat disimpulkan adanya multikolinearitas. Uji tambahan dilakukan untuk variabel kategorik dengan uji chi-square

$$VIF = \frac{1}{1 - {R_j}^2} \tag{2}$$

$$r_{x_1x_2} = \frac{n\sum_{i=1}^{n} x_{1j}x_{2i} - \left(\sum_{i=1}^{n} x_{1j}\right)\left(\sum_{i=1}^{n} x_{2i}\right)}{\sqrt{(n\sum_{i=1}^{n} x_{1i}^2) - (\sum_{i=1}^{n} x_{1i})^2}\sqrt{(n\sum_{i=1}^{n} x_{2i}^2) - (\sum_{i=1}^{n} x_{2i})^2}} \tag{3}$$

Selanjutnya akan dilakukan pemilihan model terbaik yang ditentukan berdasarkan nilai Akaike's Information Criterion (AIC) (persamaan 4), dengan kriteria model terbaik adalah model dengan AIC terkecil. Sedangkan untuk uji signifikansi parameter dengan menguji model statistik uji rasio terbaik secara bersamaan likelihod (persamaan 5 dan persamaan 6). Kemudian, uji Z digunakan untuk pengujian parsial (persamaan 7) dimana H_0 ditolak jika $|Z_{hit}| > Z_{\alpha/2}$ atau $p - value < \alpha$ dan nilai α = 5%

$$AIC = -2\,\widehat{ln}\,L\left(\hat{\theta}\right) + 2k \tag{4}$$

$$G^2 = -2\,ln\,\Lambda \tag{5}$$

$$\Lambda = \frac{L(\widehat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \tag{6}$$

$$Z = \frac{\hat{\beta}}{SE(\hat{\beta}_j)} \tag{7}$$

Penentukan estimasi parameter model regresi terbaik Weibull menggunakan metode maksimum kemungkinan dan menghasilkan model survival, yang kemudian diubah menjadi model Regresi Weibul ke dalam fungsi *hazard*. Menurut (Lawless, 2002), fungsi kepadatan peluang (FKP) distribusi Weibull, ditulis sebagai berikut dengan parameter *scale* λ dan parameter bentuk γ: FKP distribusi weibull (persamaan 8)

$$f(t) = \frac{\gamma}{\lambda}\left(\frac{t}{\lambda}\right)^{\gamma-1} exp\left(-\left(\frac{t}{\lambda}\right)^{\gamma}\right), \lambda > 0, \gamma > \text{dan } t > 0 \tag{8}$$

Sebagai contoh, model γ diperoleh dari Regresi Weibull: $\ln\lambda = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_p x_p$ dengan fungsi distribusi Weibull $F(t) = 1 - exp\left(-\left(\frac{t}{\lambda}\right)^{k}\right)$ dan fungsi survival $S(t_i) = exp\left(-\left(\frac{t_i}{\lambda_i}\right)\right)^{\gamma}$. Selanjutnya untuk waktu kematian t_i, dimana i adalah pasien yang berkontribusi untuk likelihood ditunjukkan seperti persamaan 9. Dimana : $\lambda_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \cdots + \beta_p x_{ip})$

$$f(t_i) = \frac{-\partial S(t)}{\partial t}|t = t_i = \frac{\gamma}{\lambda_i^{\gamma}} t_i^{\gamma-1} exp\left(-\left(\frac{t_i}{\lambda_i}\right)\right)^{\gamma} \tag{9}$$

Menghitung laju pemulihan kondisi klinis pasien yang mengalami stroke*:* Menentukan nilai rasio kemungkinan untuk setiap variabel independen yang mempengaruhi pemulihan kondisi klinis pasien yang mengalami stroke serta memvisualisasikan. Interval kepercayaan (95% CI) untuk OR dihitung menggunakan ekspresi $CI = OR \pm 1.96 \times SE(ln\,O\,R)$. Memvisualisasikan hasil melalui

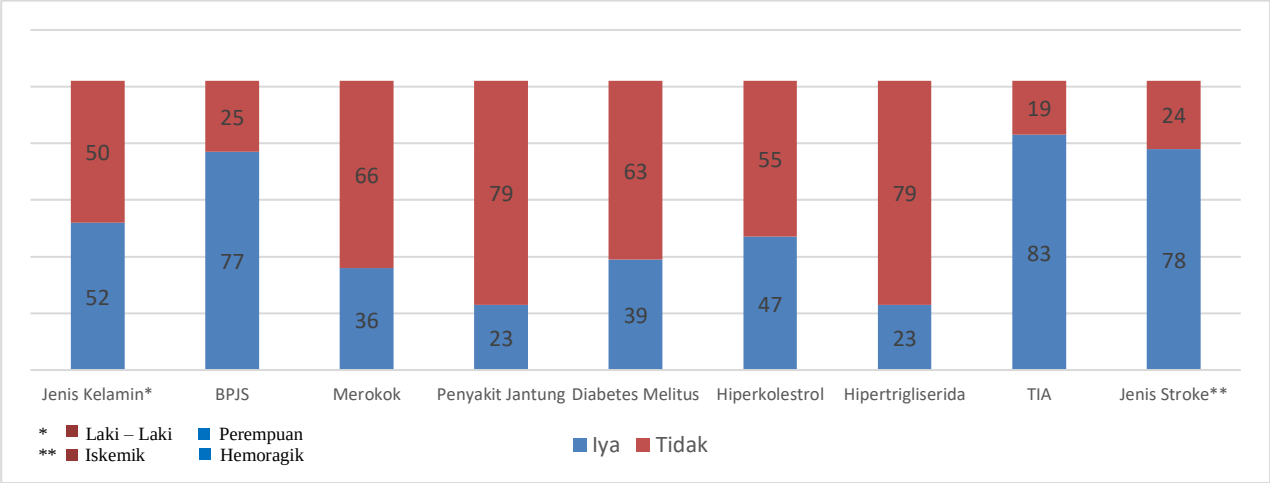
© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

grafik hazard dan survival dan Analisis data dilakukan menggunakan **RStudio** dengan paket **survival**, **flexsurv**, dan **MASS** untuk pemodelan regresi Weibull.

$$Odds\ ratio = \frac{odds\ h(t|x=1)}{odds\ h(t|x=0)} \tag{10}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis deskriptif pada variabel kategorik dan numerik untuk memberikan gambaran umum dari variabel yang diteliti. Susunan data yang berasal dari kelas data tertentu yang telah dikelompokkan ke dalam beberapa kelompok disebut distribusi frekuensi. Hasil distribusi frekuensi untuk masing-masing variabel kategorik ditunjukkan di bawah ini:

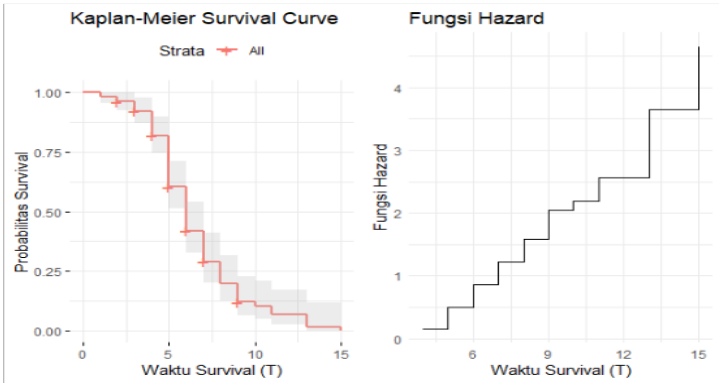


Gambar 1. Distribusi Frekuensi Variabel Independen

Gambar 1 menampilkan nilai frekuensi pada masing-masing variabel independen dan atributnya. Dalam variabel jenis kelamin, ada 52 pasien laki-laki dan 50 pasien perempuan, yang menunjukkan bahwa pasien laki-laki memiliki frekuensi yang lebih tinggi dibandingkan pasien perempuan. Sebanyak 77 pasien menggunakan BPJS sebagai metode pembayaran, sedangkan 25 pasien menggunakan metode non-BPJS. Dari segi kebiasaan merokok, 36 pasien merupakan perokok, sementara 66 pasien tidak merokok. Sebanyak 23 pasien memiliki riwayat penyakit jantung, sedangkan 79 pasien tidak. Pasien dengan diabetes melitus berjumlah 39 orang, sementara 63 pasien tidak memiliki diabetes. Sebanyak 47 pasien mengalami hiperkolesterol, sedangkan 55 pasien tidak. Hipertrigliseridaditemukan pada 23 pasien, sedangkan 79 pasien lainnya tidak mengalami kondisi tersebut. Mayoritas pasien, yaitu 83 orang, memiliki riwayat Transient Ischemic Attack (TIA), sementara 19 pasien tidak. Dalam hal jenis stroke, 78 pasien mengalami stroke infark, sedangkan 24 pasien tidak. Data ini menggambarkan distribusi karakteristik pasien stroke yang dirawat, dengan sebagian besar pasien memiliki riwayat TIA, diabetes melitus, dan hiperkolesterolemia.

Hasil pengujian distribusi data ini menggunakan penguujian antara Kolmogorov-Smirnov dan Anderson-darling. Hasil pengujian menampilkan bahwa distribusi Weibull memiliki nilai A^2_{hit} 0,5443 dan A^2_{tab} pada signikan 0,01 yaitu 1,933. Maka disimpulkan bahwa 0,5443 < 1,933 atau dengan $A^2_{hit} < A^2_{0,01}$, dengan penjelasan bahwa parameter yang menunjukkan kecocokan yang cukup baik dengan sebaran waktu survival pada pasien penderita stroke. Berdasarkan nilai parameter yang diperoleh; (1) parameter bentuk (shape, γ): 3,3649 dengan standar error (SE) sebesar 0,2506; (2) parameter skala (scale, λ): 9,371 dengan SE sebesar 0,2920.

Setelahnya dilakukan visualisasi dengan menggambarkan plot survival dan hazard pada variabel waktu survival. Dimana Plot *hazard* kumulatif menunjukkan bahwa nilai $(H(t))$ cenderung meningkat seiring dengan waktu (t). Ini berarti bahwa lebih lama seseorang mengalami kondisi yang sedang diteliti (misalnya, pemulihan klinis), laju kejadian atau risiko pemulihan semakin meningkat. Dengan kata lain, semakin lama seseorang berada dalam waktu pengamatan, laju kejadian yang berkaitan dengan pemulihan kondisi klinis menjadi semakin tinggi. Pada data waktu survival (T), plot kumulatif *hazard* dan survival ditunjukkan di bawah ini.



Gambar 2. Plot (a) kumulatif survival dan (b) kumulatif hazard pada data waktu survival

Kemudian hasil uji multikolinearitas tidak adanya hubungan korelasi antara variabel-variabel independen adalah syarat penting untuk membangun model regresi yang baik (Sulistyani & Purhadi, 2013). Untuk melakukan prediksi parameter atau juga pemodelan regresi, variabel independen harus diuji multikolinieritas, baik kategorik maupun kontinu. Hal ini ditunjukkan nilai VIF dimana tekanan darah sistolik (1,640) dan tekanan darah diastolik (1,640). Kemudian Koefisien korelasi pearson pada variabel umur, tekanan darah Sistolik, dan tekanan darah diastolik. Nilai koefisien korelasi, yang masing-masing berada di bawah 0,95 atau 95%, menunjukkan bahwa tidak ada korelasi yang sangat tinggi di antara variabel. Secara keseluruhan nilai VIF setiap Variabel diperoleh; Umur (1,323952); Jenis Kelamin (2,359214); Jenis Pembayaran (1,234012); Merokok (2,620100); Penyakit Jantung (1,159200); Diabetes Mellitus (1,265883); Hiperkolestrol (1,267733); Hipertrigliserida (1,173908); TIA (4,292712) dan Jenis Stroke (4,282859). Sehingga hasil analisis ini menunjukkan bahwa tidak ada gejala multikolinieritas antara variabel independen dengan tipe kontinu dan kategorik. Hubungan antar variabel: Sebagian besar kombinasi, variabel ini menunjukkan hubungan yang saling independen atau bebas. Jika variabel terdapat multikolinearitas menyebabkan peningkatan varians error dari estimasi parameter, yang berarti hasil model akan cenderung tidak akurat. Kesalahan dalam parameter bisa signifikan ketika ada multikolinearitas yang kuat di antara variabel-variabel prediktor.

Tabel 2. Nilai Akaike's Information Criterion (AIC)

Variabel	AIC
Semua variabel independen	458,1538
Tanpa jenis stroke	456,,2218
Tanpa jenis stroke dan tekanan darah diastolik	454,3082
Tanpa jenis stroke, tekanan darah diastolik, dan umur	452,4921
Tanpa jenis stroke,tekanan darah diastolik, umur,dan penyakit jantung	450,8634
Tanpa jenis stroke, tekanan darah diastolik dan sistolik, umur,penyakit jantung dan diabetes mellitus	449,7385
Jenis Kelamin, jenis pembayaran, merokok, hiperkolestrol ,hipertrigliserida dan TIA	448,4421

Proses pemilihan model terbaik pada *backward* ialah mengeliminasi atau dikeluarkan variabel secara bertahap (Collett, 2015b) disebut juga seleksi model terbaik melihat nilai AIC dengan eliminasi backward dan pengujian signifikansi variabel untuk mengetahui model yang paling efektif untuk menggambarkan laju pemulihan kondisi klinis pasien yang mengalami stroke terhadap faktor-

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

faktor yang diduga mempengaruhinya. Pada model akhir yang menyisakan enam nama variabel independen, yaitu usia, penyakit jantung, diabetes mellitus, hiperkolesterol, TIA, dan jenis stroke, semua variabel terbukti signifikan pada taraf signifikansi 5 %. Oleh karena itu, model terbaik adalah model dengan enam variabel independen tersebut, dengan nilai AIC terkecil sebesar 448,4421.

Pada uji ini dilakukan dengan bantuan analisis R-Studio yang mana untuk mendapatkan *goodness-of-fit* dengan mamastikan model terakhir adalah model terbaik

Tabel 3. Goodness-off-fit

Scale	0,33
Loglik (model)	-216,2
Loglik (intercept only)	-224,6
cgisq	16,85
p	0,0098
n	102

Setelah melakukan pemilihan model terbaik dengan melihat AIC, selanjutnya melakukan uji bersama dan parsial dilakukan untuk mengetahui apakah variabel independen memiliki dampak yang signifikan. Hipotesis berikut digunakan untuk menguji secara bersamaan (uji simultan) adalah; $H_0 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_9 = \beta_{10} = \beta_{11}$; dan $H_1 =$ min. ada yang satu β_j tidak sama dengan 0 ; $j = 4,5,6,9,10,11$. Hasil uji serentak pada Lampiran 5 memperoleh nilai $p - value$ sebesar 0,0098, serta nilai $\ln(L(\bar{\omega})) = -224.6$ dan $\ln(L(\hat{\Omega})) = -216.2$ sehingga diperoleh nilai $G^2 = -2\,ln\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} = -2\,ln\frac{exp(-224,6)}{exp(-216,2)} = 16,85$. Dengan menggunakan taraf signifikansi 5%, diperoleh nilai X^2_{tabel} tabel sebesar 3,841. Karena nilai X^2 yang dihitung lebih besar daripada nilai X^2_{tabel} tabel, maka keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis nol (H_0). Ini berarti bahwa min. ada satu variabel independen yang signifikan mempengaruhi model, ditampilkan oleh p-value yang sangat kecil (kurang dari 0,05).

Sedangkan untuk uji parsial dilakukan untuk mengidentifikasi variabel independen yang paling signifikan.Hipotesis yang akan digunakan di bawah ini;$H_0: \beta_J = 0\ dan\ H_1: \beta_J \neq 0$ dimana $\alpha = 5\%$ dan $Z_{tabel} = 1,645$. Setelah mengetahui variabel yang signifikan terhadap laju pemulihan kondisi klinis pasien penderita stroke, akan membuat model regresi Weibull yang didasarkan pada nilai taksiran parameter. Nilai taksiran parameter untuk model terbaik regresi Weibull dari variabel yang signifikan dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Estimasi Parameter

Variabel	DF	Estimasi	Z	Signifikansi
(Intercept)	1	1,9960	16,40	<2e-16
Jenis Kelamin (Laki – Laki)	1	-0,2179	-2,17	0,0302
Merokok (Ya)	1	-0,2073	2,63	0,0086
Hipertrigliserida (Ya)	1	-0,2598	-3,05	0,0023
TIA (Ya)	1	-0,1933	-2,22	0,0265

Hasil estimasi parameter yang ditunjukkan pada tabel 3 dengan nilai $\gamma = 0,331$digunakan untuk membuat model regresi weibull dan fungsi bahaya regresi weibull. Model ini disusun berdasarkan t waktu survival, jenis kelamin, merokok, hipertrigliseridan, dan TIA

$$\hat{\lambda} = \exp(1,9960\text{-}0,2179(\text{jenis kelamin})\text{-}\ 0,2073(\text{merokok})\text{-}0,2598(\text{hipertrigliserida})\text{-}0,1933(\text{TIA}))$$

Persamaan $\hat{\lambda}$ menggambarkan bahwa taksiran nilai $\hat{\lambda}$ jika dicontohkan pasien yang berjenis kelamin laki – laki dengan kondisi pembayaran BPJS, kebiasaan merokok dan riwayat penyakit hiperkolestrol,

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

hipertrigliserida dan TIA sebesar 4,939. Selanjutnya fungsi kepadatan peluang, fungsi kumulatif dan fungsi survival yang diperoleh sebagai berikut.

$$\hat{f}(t) = \left(\frac{\hat{\gamma}}{\hat{\lambda}^{\hat{\gamma}}}\right) t^{\hat{\gamma}-1}\, exp\left(-\left(\frac{t}{\hat{\lambda}}\right)^{\hat{\gamma}}\right)$$

Pada rumus diatas dapat mencari fungsi kepadatan peluang (PDF) untuk distribusi weibull pada t = 4 dengan k= 3,02 dan $\lambda = 4{,}939$ adalah

$$f(t) = \frac{k}{\lambda}\left(\frac{t}{\lambda}\right)^{k-1} exp\left(-\left(\frac{t}{\lambda}\right)^{k}\right)$$

Sehingga $f(4) \approx \frac{3{,}02}{6{,}901}.0{,}4203.0{,}7507 \approx 0{,}1558$. Selanjutnya untuk menentukan Fungsi Distribusi Kumulatif (CDF)

$$F(t) = 1 - exp\left(-\left(\frac{t}{\lambda}\right)^{k}\right)$$

Diperoleh $F(4) = 1 - 0{,}7507 = 0{,}2493$ dan untuk Menghitung Fungsi Survival

$$S(t) = 1 - F(t) = exp\left(-\left(\frac{t}{\lambda}\right)^{k}\right) \text{atau } \hat{S}(t) = exp\left(-\left(\frac{t}{\hat{\lambda}}\right)^{\hat{\gamma}}\right)$$

Diperolah $S(4) = 0{,}7507$. Kemudian nilai probbailitas pemulihan kondisi klinis dalam jangka waktu t ke $t + \Delta t$ saat t adalah $P(T \in [t, t+\Delta t) | T > t) = \frac{f(t)}{s(t)}$ atau $\hat{h}(t_i) = \left(\frac{\hat{\gamma}}{\hat{\lambda}^{\gamma}}\right) t^{\hat{\gamma}-1}$ diperoleh $P(4 \le T < 4 + \Delta t | T > 4) = \frac{0{,}1558}{0{,}7507} \approx 0{,}2075.$

Jika dimisalkan pasien berjenis kelamin laki – laki dan juga memiliki waktu pemulihan kondisi klinis *t* yaitu 4 hari, dimana peluang pemulihan kondisi klinis pada jangka waktu t ke $t + \Delta t$ (saat t) untuk pasien yang memiliki kondisi kebiasaan merokok dan riwayat penyakit hipertrigliserida dan TIA ($\hat{\lambda} = 4{,}9394$) adalah sebesar 0,2075. Itu berarti jumlah waktu yang diperlukan oleh pasien yang berjenis kelamin laki – laki dengan memiliki kebiasaan merokok serta riwayat penyakit hipertrigliserida dan TIA peluang pemulihan klinis lebih rendah daripada yang sebaliknya, dengan alasan ini bisa dilihat dari hasil fungsi kepadatan peluang (PDF), fungsi distribusi kumulatif (CDF) serta fungsi survival dan berakhir pada fungsi hazard mengalami pemulihan kondisi klinis.

Nilai odds ratio untuk setiap variabel yang signifikan dalam model regresi Weibull dapat digunakan untuk menilai laju pemulihan kondisi klinis pasien stroke; nilai odds ratio untuk variabel kontinu dan kategorik disajikan dalam Tabel 5.

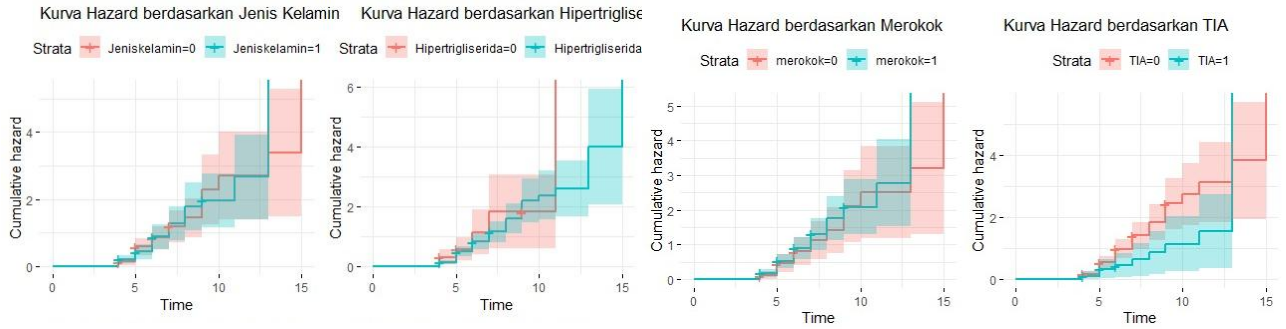
Tabel 5. Nilai odds ratio

Variabel	Estimasi	Odds Ratio
Jenis Kelamin (Laki – Laki)	-0,2179	0,8042
Merokok (Ya)	-0,2073	0,8128
Hipertrigliserida (Ya)	-0,2598	0,7712
TIA (Ya)	-0,1933	0,8242

Variabel jenis kelamin (laki-laki) pada Tabel 5 memiliki nilai Odds Ratio sebesar 0,8042, menunjukkan bahwa laki-laki memiliki kemungkinan 0,8042 kali lebih kecil untuk mencapai pemulihan klinis dibandingkan perempuan, atau 1,2431 kali lebih lama. Pasien yang merokok memiliki Odds Ratio 0,8128, mengindikasikan penurunan kemungkinan pemulihan sebesar 18,72% dibandingkan pasien non-perokok. Pasien dengan hipertrigliserida memiliki Odds Ratio 0,7712, menandakan mereka 0,7712 kali lebih kecil kemungkinannya untuk pulih dibandingkan pasien tanpa hipertrigliserida, atau 1,2963 kali lebih lama. Pasien dengan riwayat TIA menunjukkan Odds Ratio

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

0,8242, berarti mereka memiliki peluang 0,8242 kali lebih kecil untuk mencapai pemulihan dibandingkan yang tanpa riwayat TIA, atau 1,2131 kali lebih lama untuk pemulihan. Berikut hasil visualisasi yang dihasilkan dalam Laju Perbaikan Klinis Pasien Stroke (a) Jenis Kelamin (b) Hipertrigliserida (c) Merokok (d) TIA



(a) (b) (c) (d)

Gambar 3. Laju Perbaikan Klinis Pasien Stroke (a) Jenis Kelamin (b) Hipertrigliserida (c) Merokok (d) TIA

Hasil visualisasi plot kumulatif hazard pada Gambar 3 menunjukkan perbedaan laju perbaikan kondisi klinis pasien berdasarkan faktor-faktor tertentu. Pasien laki-laki (garis biru) memiliki laju perbaikan yang lebih lambat dibandingkan perempuan (garis merah muda), menandakan bahwa perempuan memiliki risiko kumulatif yang lebih rendah dalam pemulihan. Pasien dengan hipertrigliseridemia (garis biru) menunjukkan hazard kumulatif yang lebih tinggi, mengindikasikan perbaikan klinis yang lebih lambat dibandingkan pasien tanpa hipertrigliseridemia (garis merah muda). Perokok (garis biru) juga menunjukkan laju perbaikan yang lebih lambat dibandingkan non-perokok (garis merah muda), yang mencerminkan kontribusi merokok terhadap risiko kumulatif yang lebih tinggi. Terakhir, pasien tanpa riwayat TIA (garis merah muda) memiliki laju perbaikan yang lebih cepat dibandingkan mereka yang memiliki riwayat TIA (garis biru), yang menunjukkan bahwa riwayat TIA dapat memperlambat proses pemulihan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata waktu pemulihan pasien stroke di RSU Haji Medan pada tahun 2023 adalah 6 hari. Tekanan darah pasien umumnya di atas batas normal, dan sebagian besar pasien adalah laki-laki, menerima pembayaran melalui BPJS, serta memiliki riwayat merokok, hipertrigliserida, dan TIA. Faktor yang paling berpengaruh terhadap laju pemulihan adalah jenis kelamin, kebiasaan merokok, hipertrigliserida, dan riwayat TIA. Pasien laki-laki, perokok, serta mereka yang memiliki hipertrigliserida dan riwayat TIA memiliki kemungkinan lebih rendah untuk mencapai pemulihan kondisi klinis dibandingkan dengan kelompok lainnya.

Hasil ini menegaskan bahwa faktor metabolik dan gaya hidup berperan penting dalam pemulihan pasien stroke. Oleh karena itu, diperlukan strategi intervensi medis yang lebih efektif, seperti program edukasi pencegahan faktor risiko, pengelolaan dislipidemia yang lebih ketat, serta pemantauan khusus bagi pasien dengan riwayat TIA.

Penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi faktor lain yang dapat mempengaruhi pemulihan, seperti dukungan sosial, status gizi, dan kepatuhan terhadap terapi. Selain itu, studi dengan desain longitudinal dapat memberikan gambaran lebih jelas mengenai efek jangka panjang dari faktor-faktor tersebut terhadap pemulihan pasien stroke.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian penelitian ini. Terima kasih kepada diri sendiri dan kedua orangtua yang telah memberikan arahan dan bimbingan yang berharga sepanjang proses penelitian. Peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada semua responden yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini, serta kepada pihak-pihak yang telah memberikan akses dan bantuan teknis yang diperlukan. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang statistika.

DAFTAR PUSTAKA

Collett, D. (2015a). *Modelling Survival Data in Medical Research* (3rd Editio). https://doi.org/https://doi.org/10.1201/b18041

David G. Kleinbaum, M. K. (2012). *Survival Analysis* (Third Edit). https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-6646-9

Firmawati, E., Rochmawati, E., & Setyopranoto, I. (2023). Deteksi Risiko *Stroke* Dan Edukasi Sebagai Upaya Pencegahan Primer Terjadinya *Stroke*. *Jurnal SOLMA*, *12*(2), 705–712. https://doi.org/10.22236/solma.v12i2.11834

Furqon, A. (2014). Analisis Regresi Weibull untuk Mengetahui Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Perbaikan Kondisi Klinis Penderita Stroke (Studi Kasus RSU Haji Surabaya). *Skripsi*. Departemen Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.

Kementerian Kesehatan. (2022). *Stroke*. Kementerian Kesehatan. https://yankes.kemkes.go.id/view_artikel/620/*stroke*

Kementerian Kesehatan. (2023). *World Stroke Day 2023, Greater Than Stroke, Kenali dan Kendalikan Stroke*. Kementerian Kesehatan. https://yankes.kemkes.go.id/read/1443/world-*stroke*-day-2023-greater-than-*stroke*-kenali-dan-kendalikan-*stroke*

Lawless, J. F. (2002). *Statistical Methods for Lifetime Data.* New York: United State of America.

Mufidah, A., & Purhadi, P. (2016). Analisis Survival Pada Pasien Demam Berdarah Dengue (DBD) di RSU Haji Surabaya Menggunakan Model Regresi Weibull. *Ejurnal.Its.Ac.Id*, *5*(2), 2337–3520. http://ejurnal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/view/16633

Nurul, I. (2018). Implementasi Model Regresi Weibull Terhadap Faktor - Faktor Yang Mempengaruhi Laju Perbaikan Kondisi Klinis Penederita Stroke. *journal.**uii**.ac.id*

Otaya, L. G. (2016). Distribusi Peluang Weibull Dan Aplikasinya . TADBIR : *Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*

Solehah, A., & Fatekurohman, M. (2019). Analisis Ketahanan Hidup Pasien Kanker Paru Menggunakan Regresi Weibull. *Indonesian Journal of Applied Statistics*, *1*(2), 79. https://doi.org/10.13057/ijas.v1i2.25276

Sulistyani, D. O., & Purhadi. (2013). Analisis terhadap Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Pemulihan Kondisi Klinis Pasien Penderita Stroke dengan Regresi Cox Weibull. *Jurnal* Sains *Dan Seni ITS*.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengembangan Media Matematika Digital Berbasis Pendidikan Matematika Realistik Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa SMP Negeri 16 Medan

Sarah Sonia Br. Napitupulu[1*], & Kairuddin[2]
[1,2] *Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:* sarahsonianapitupulu@gmail.com

Abstrak, Tujuan penelitian ini ialah untuk menghasilkan media pembelajaran matematika digital dengan pendekatan pendidikan matematika realistik yang memenuhi kategori valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan kemampuan pemahaman konsep matematis. Jenis penelitian yang digunakan ialah Research and Development dengan menggunakan model ADDIE. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa :(1) Media digital yang telah dikembangkan memenuhi kriteria validitas berdasarkan penilaian validator materi dan media memiliki nilai rata-rata persentase validitas berturut-turut sebesar 88,67% dan 86,13% dengan kategori sangat layak (2) Media digital yang dikembangkan memenuhi kriteria kepraktisan: a) hasil angket guru pada media menunjukkan relevansi praktis sebesar 91,6 % dalam kategori sangat praktis; (b) hasil angket siswa pada siswa menunjukan relevansi praktis sebesar 82,25% dalam kategori sangat praktis; (3) media yang dikembangkan memenuhi kriteria efektif dengan: (a) ketuntasan belajar klasikal siswa sebesar 86,67%; (b) 83,68% siswa mencapai tujuan pembelajaran untuk rerata masing-masing indikator; (c) Waktu pembelajaran sama dengan pembelajaran biasa pada uji lapangan dan mendapatkan respon positif dari siswa terhadap media. Uji analisis N-Gain menunjukan bahwa kemampuan pemahaman konsep matematis siswa yang menggunakan media digital rata-rata nilai N-gain siswa sebesar 0,68 artinya berada pada kategori sedang
Kata kunci: Kemampuan Pemahaman Konsep, Media Digital, Pendidikan Matematika Realistik

***Abstract**, The aim of this research is to produce digital mathematics learning media with a realistic mathematics education approach that is valid, practical and effective for improving the ability to understand mathematical concepts. The type of research used is Research and Development using the ADDIE model. Based on the research results, it shows that: (1) The digital media that has been developed meets the validity criteria based on the material and media validator's assessment, has an average validity percentage value of 88.67% and 86.13%, respectively, in the very feasible category (2) The digital media developed meets the practicality criteria: a) the results of the teacher questionnaire on the media show a practical relevance of 91,6% in the very practical category; (b) the results of the student questionnaire showed practical relevance of 82,25% in the very practical category; (3) the media developed meets the effective criteria with: (a) students' classical learning completeness is 86.66%; (b) 83.68% of students achieved the learning objectives for the average of each indicator; (c) The learning time is the same as normal learning in field tests and gets a positive response from students towards the media. The N-Gain analysis test shows that the students' ability to understand mathematical concepts who use digital media has an average N-gain value of 0.68, meaning it is in the high category.*
***Keywords**: Concept Understanding Ability,Digital Media, Realistic Mathematics Education*

Citation : Napitupulu, S. S., & Kairuddin. (2024). Pengembangan Media Matematika Digital Berbasis Pendidikan Matematika Realistik Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa SMP Negeri 16 Medan. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 795 – 804

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

PENDAHULUAN

Memasuki zaman sekarang dengan adanya kemajuan teknologi yang mengglobal telah mempengaruhi di berbagai aspek kehidupan baik di bidang politik, ekonomi, kebudayaan,seni dan bahkan di bidang pendidikan. Kemajuan teknologi pada perkembangan zaman ini merupakan sesuatu yang tidak dapat kita hindari dalam kehidupan, karena kemajuan teknologi berjalan sesuai dengan kemajuan ilmu pengetahuan. Dalam bidang pendidikan teknologi mempunyai pengaruh penting dalam ilmu pengetahuan dimana dalam ilmu pengetahuan para peserta didik di ajarkan tentang gejala dan fakta alam dan dengan adanya teknologi ini manusia menggunakan teknologi untuk menerapkan ilmu pengetahuan tersebut (Maritsa *et al*, 2021)

Matematika yakni suatu ilmu universal yang memulai kemajuan teknologi canggih dan memiliki tugas krusial dalam beraneka perkembangan ilmu lainnya (Wahyuningsih,2019). Sepaham dengan Sudianto (2017:13) matematika yakni ilmu yang secara mendunia memulai kemajuan teknologi canggih dan memegang tugas berharga yang menjadi sarana dalam penguraian masalah. Oleh karena itu peguasaan matematika yang tepat sangat diperlukan karena dapat membagi peluang yang besar unutk mewujudkan teknologi dimasa depan. Sehingga tidak mengejutkan apabila matematika yakni ilmu yang memulai kemajuan ilmu lainnya dan mempengaruhi kemajuan teknologi diera ini. Oleh karena itu matematika sangat berharga untuk dipelajari oleh semua jenjang pendidikan.

Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 22 Tahun 2016 mengutarakan mengenai pembelajaran matematika pada jenjang pendidikan memegang makna untuk menginterpretasikan konsep matematika, mampu menalar, menanggulangi masalah, membicarakan pemikiran, pemanfaatan menghormati matematika dalam kesibukan dan mengembangkan sikap ke arah itu selaras dengan skala dalam matematika. Upaya yang dapat dilangsungkan untuk menggapai makna pembelajaran tersebut dapat dicapai melalui mekanisme pembelajaran yang baik dan terarah. Keterampilan ini juga diperlukan dalam kesibukan sehari-hari ketika mengutip pertimbangan untuk menanggulangi suatu masalah.

Pembelajaran matematika sangat terpaut dengan pemahaman konsep. berharga untuk menginterpretasikan beraneka konsep dan struktur yang ada dalam materi yang dipelajari, serta menelusuri hubungan antara konsep dan struktur tersebut. National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) menekankan mengenai penafsiran konsep ialah komponen berharga dari keahlian atau keterampilan, karena sifat hierarkis konsep matematika. Ini berarti anak didik perlu menginterpretasikan konsep yang lebih awal agar lebih mudah menginterpretasikan konsep yang lebih lanjut. Ketika anak didik sudah menginterpretasikan konsep konsep tersebut, keterampilan untuk menanggulangi masalah yang kompleks dengan memakai konsep tersebut dapat dikembangkan. Dengan kata lain, pemahaman yang mendalam terhadap konsep-konsep matematika menjadi fondasi yang utama dan sangat membantu anak didik dalam merampungkan beraneka persoalan yang berkaitan dengan matematika(Juniantari et al, 2019:198).

Dalam mekanisme pembelajaran matematika, penafsiran konsep ialah hal yang sangat krusial. Dengan pemahaman konsep, anak didik akan lebih mudah dalam merampungkan masalah, karena mereka dapat menghubungkan dan penanggulangan masalah tersebut dengan dasar konsep yang telah mereka pahami. Sebaliknya, apabila anak didik kurang menginterpretasikan konsep yang diajarkan, mereka cenderung akan menghadapi kesukaran dalam memilah dan menerapkan prosedur atau operasi tersendiri, serta dalam mengimplementasikan konsep dan algoritma penguraian masalah. Menyadari betapa berharganya penafsiran konsep dalam proses pengajaran matematika, dengan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

demikian rencana pembelajaran perlu disusun sedemikian rupa agar pada akhir pembelajaran, anak didik dapat menginterpretasikan konsep yang telah dipelajarinya (Lestari,2021).

Namun pada kenyataannya berharganya penafsiran konsep tidak selaras dengan bagaimana keadaan mutu keterampilan pemahaman matematis anak didik yang terjadi, keterampilan penafsiran matematis anak didik di Indonesia masih perlu ditingkatkan dan diberikan ketertarikan khusus. Dua riset internasional yaitu Trends In International Mathematics and Science Study (TIMSS) dan Programming for International Student Assessment (PISA) menginstruksikan mengenai keterampilan penafsiran konsep matematika di Indonesia masih tercantum rendah. Hal itu ditentukan berlandaskan analisis dan hasil riset dari kedua riset tersebut. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan menyebutkan, dalam laporan hasil TIMSS tahun 2015, rerata skala prestasi matematika anak didik ruang 8 anak didik Indonesia menguasai peringkat ke-45 dari 50 negara peserta. Berlandaskan hasil kajian PISA, salah satu bentuk penaksiran keterampilan dan pengetahuan matematika, sains, dan bahasa, Indonesia menguasai peringkat ke-72 dari 78 negara pada pemeringkatan matematika tahun 2018. Skala rerata anak didik Indonesia dalam matematika ialah 379, setara dengan rerata OECD senilai 487 (Kemendikbud, 2019). Hasil TIMSS dan PISA hendaknya dapat dijadikan sebagai bahan refleksi atau penyempurnaan tempat pembelajaran matematika di ruang, karena dalam pembelajaran matematika tidak hanya cukup menghafal rumus atau menghitung angka saja, tetapi juga memerlukan salah satu dari tiga hal tersebut. keterampilan dasar matematika yakni keterampilan menginterpretasikan konsep matematika.

Salah satu faktor yang berkontribusi terhadap rendahnya keterampilan penafsiran konsep matematis anak didik yakni kurang optimalnya pendidik dalam penggunaan media yang menuntun anak didik untuk memakai pengalaman keseharian mereka menuju konsep matematis,sehingga anak didik cenderung kurang bersemangat dan tidak antusias dalam mekanisme tindakan pembelajaran matematika. Sejalan dengan riset oleh Amalia (2022) yang mengatakan tentang pengajar yang kurang variatif dalam memilah media pelajaran yakni salah satu pemicu rendahnya pemahama konsep anak didik. Dengan rutinitas seperti itu menimbulkan anak didik mengalami rasa bosan dalam menelusuri mekanisme pembelajaran di ruang yang menimbulkan berdampak pada anak didik kurang dalam menginterpretasikan yang dinamakan konsep. Kecenderungan pembelajaran matematika kerap kali terfokus pada penghafalan rumus dan penerapannya menerapkannya untuk merampungkan soal soal, tanpa melibatkan media yang memukau selama mekanisme belajar, yang menimbulkan anak didik menjadi kurang bersemangat dalam menelusuri pembelajaran.

Untuk mewujudkan pembelajaran yang memukau dan menyenangkan salah satu upaya yaitu dengan memakai media sebagai sarana untuk mengutarakan berita atau tugas pelajaran yang didambakan dapat menolong pengajar dalam menaikkan penafsiran belajar anak didik. Sepaham dengan itu (Baiduri et al,2019) mengutarakan tentang pemakaian media saat selama pembelajaran dapat menumbuhkan kegemaran, memotivasi, dan juga dapat memajukan mutu pendidikan serta mempermudah penyampaian berita. Media pembelajaran yakni salah satu komponen pendukung kemenangan pengajaran di sekolah. Peran media pembelajaran yang tepat berpeluang mempengaruhi hasil belajar anak didik dalam menginterpretasikan, mengeksplorasi berita, dan mewujudkan tindakan belajar mengajar yang interaktif. Media pembelajaran langsung dapat merangsang motivasi belajar. Pemanfaatan media secara kreatif dan inovatif dapat melancarkan dan memajukan keterampilan belajar,agar terbuka peluang tercapainya makna pembelajaran (Kurniawati,2018).

Mengingat adanya persoalan tersebut, maka perlu dilangsungkan upaya untuk menjadikan anak didik aktif, dan mekanisme pembelajaran dapat memajukan keterampilan pemahaman konsep

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

matematika anak didik. terlibat (Anggraeni et al., 2021), salah satu upaya yang dapat dilangsungkan untuk memajukan keterampilan penafsiran konsep ialah dengan memakai media pembelajaran dalam pengajaran konsep matematika. Khuzaini (2016:89) mengutarakan tentang dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi menata anak didik lebih tertarik dengan media berbasis digital dibandingkan dengan media konvensional. Selaras dengan hal tersebut (Maisarah, 2022) mengutarakan tentang media digital bukan hal baru di dunia pendidikan abad 21. Beraneka riset telah mempergunakan media digital guna memajukan upaya pembelajaran dan meraih makna pembelajaran.

Media berbasis digital merupakan media pembelajaran yang dapat digunakan maupun dioperasikan melalui handphone, laptop, PC dan lain sebagainya. Media digital dalam pembelajaran matematika memiliki berbagai jenis bentuk seperti macromedia flash, e-modul, komik elektronik, video pembelajaran, powtoon, virtual mathematics KITS (Sholikhah &Pradana,2018). Oleh karena itu, maka perlu adanya media pembelajaran yang dapat memajukan pemahaman konsep matematis anak didik. Hal ini dapat terwujud dengan adanya media pembelajaran yang didesain dengan merangkaikan pengalaman nyata anak didik yang berangsur-angsur dimodelkan dalam matematika untuk menuju mendeteksi konsep matematis. Maka dari itu, perlu mendesain media yang memakai model pendekatan yang merangkaikan pengalaman nyata anak didik. Menurut Sulastri *et al*(2019) salah satu pendekatan pembelajaran matematika yang mengarah pada penerapan matematika dalam kehidupan sehari-hari ialah pendekatan Pendidikan Matematika Realistik (PMR). Berdasarkan uraian diatas, peneliti memandang perlu adanya dikembangkan media digital dengan pendekatan pendidikan matematika realistik. Untuk itu peneliti mengadakan penelitian yang berjudul "Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Digital Dengan Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa SMP Negeri 16 Medan".

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dipergunakan untuk riset ini yaitu metode penelitian dan pengembangan (*research and development*). Model pengembangan yang digunakan ialah model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation). Penelitian ini dilaksanakan di SMP Negeri 16 Medan. Adapun subjek dari penelitian ini ialah siswa kelas VIII-3 sebanyak 30 orang siswa sedangkan objek penelitian adalah media pembelajaran digital berupa video pembelajaran dengan pendekatan pendidikan matematika realistik.

Dalam penelitian ini instrument yang digunakan dalam menilai aspek kevalidan yaitu lembar validasi media dan lembar validasi materi. Adapun instrument yang digunakan dalam menilai aspek praktis yaitu lembar angket kepraktisan oleh guru dan angket kepraktisan oleh siswa. Adapun yang menjadi instrument yang digunakan dalam menilai aspek keefektifan yaitu tes kemampuan pemahaman konsep dan angket respon siswa.

Tahap analisis pada model pengembangan ADDIE merupakan langkah awal yang meliputi beberapa poin penting sebagai berikut: (1) Analisis kebutuhan untuk mengetahui permasalahan dalam pembelajaran, yang dilakukan dengan wawancara dan observasi dengan guru serta siswa. (2) Analisis kurikulum bertujuan memastikan materi yang dipakai relevan dengan kurikulum yang diberlakukan di sekolah. (3) Analisis karakteristik peserta didik untuk memahami sikap siswa terhadap penggunaan media pembelajaran dan mata pelajaran matematika. (4) Analisis situasi dan kondisi sekolah untuk menilai kesiapan sarana dan prasarana dalam mendukung penerapan media pembelajaran matematika digital yang dikembangkan.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Tahap perancangan merupakan langkah untuk merancang media pembelajaran berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya. Dalam penelitian ini, perancangan media pembelajaran mencakup pembuatan flowchart yang memperlihatkan alur media pembelajaran secara ringkas, serta penyusunan instrumen penelitian yang dipergunakan untuk menilai media pembelajaran yang dirancang.

Pada tahapan pengembangan, dilakukan pengumpulan bahan seperti animasi, gambar, dan materi lainnya, serta penyusunan materi pembelajaran. Bahan dan materi yang terkumpul kemudian dikembangkan menjadi produk awal media pembelajaran matematika digital berbentuk video pembelajaran. Media pembelajaran yang telah disusun kemudian divalidasi oleh ahli materi pelajaran dan ahli media pembelajaran untuk mengetahui tingkat kevalidan produk yang dikembangkan. Saran dan perbaikan dari para ahli dijadikan acuan untuk revisi media. Proses validasi dilakukan hingga media dinyatakan valid dan layak untuk diujicobakan di lapangan. Uji coba yang dilakukan mencakup evaluasi satu-satu dan uji coba kelompok kecil untuk memperoleh masukan mengenai kelayakan media yang dikembangkan sebelum diimplementasikan.

Setelah media pembelajaran matematika yang telah melalui proses revisi dan dinyatakan valid serta layak digunakan, ujicoba dilakukan di lapangan, tepatnya di SMP Negeri 16 Medan. Pada langkah implementasi ini, guru matematika dan siswa dilibatkan langsung dalam proses pembelajaran. Peneliti mengumpulkan data dan informasi melalui angket untuk mengetahui kepraktisan media tersebut berdasarkan respon guru dan siswa. Setelah proses pembelajaran, siswa diberikan angket yang berisi pernyataan tentang penggunaan media pembelajaran matematika digital dengan pendekatan matematika realistik. Selain itu, peneliti juga memberikan tes untuk mengukur ketuntasan belajar siswa. Kriteria pencapaian efektivitas media pembelajaran dianggap terpenuhi jika ketuntasan belajar siswa berada dalam kategori baik dan respon siswa bersifat positif.

Tahap terakhir dalam model ADDIE adalah tahap evaluasi, yang dilakukan untuk menilai keberhasilan media pembelajaran yang telah dikembangkan. Evaluasi dilakukan pada setiap tahapan pengembangan, dengan penilaian dilakukan di akhir setiap tahap sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya. Pada tahap evaluasi, produk dievaluasi oleh ahli materi dan ahli media berdasarkan hasil angket dan respon siswa untuk mengetahui sejauh mana media pembelajaran tersebut efektif dan memenuhi tujuan yang diinginkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Analysis (Analisis)

Pada tahap analisis kebutuhn, berlandaskan pemantauan peneliti terhadap anak didik SMP Negeri 16 Medan dalam pembelajaran buku cetak ialah satu satunya sumber belajar sehingga kurang memotivasi anak didik dan memukau kegemaran siswa dalam belajar matematika. Siswa akan lebih bersemangat apabila pembelajaran matematika dipadukan dengan beragam media seperti teks, gambar, musik atau audio dan video maupun animasi. Peserta didik juga menyukai media digital sebagai sumber belajar karena sudah terbiasa memakai dan mempergunakan media teknologi digital untuk menelusuri berita mengembangkan pengetahuannya sendiri yang berdampak terhadap hasil belaka

Pada tahap analisis kurikulum, tahap ini bermakna untuk menandai kurikulum yang diaplikasikan oleh pengajar matematika di SMP Negeri 16 Medan. Analisis kurikulum dilangsungkan peneliti berlandaskan pemantauan langsung di sekolah. Pemantauan yang dilangsungkan berbentuk interview. Berlandaskan hasil interview awal dengan pengajar mata pelajaran matematika tampak

bahwa kurikulum yang diaplikasikan masih memakai kurikulum 2013 dengan pendekatan saintifik, sedangkan pendekatan PMR belum diterapkan dalam mekanisme pembelajaran di ruang. Pada tahap anlisis situasi dan kondisi sekolah didapatkan bahwa kondisi sekolah SMP Negeri 16 Medan bisa dibilang dalam kategori baik karena fasilitas disekolah ini cukup lengkap dan nyaman utuk melangsungkan pembelajaran berbasis IT. Sekolah ini juga mneyediakan beberapa sarana belajar seperti proyektor disetiap ruang, namun penggunaan sarana tersebut masih kurang dikarenakan pengajar masih kesukaran dalam mempergunakan teknologi seperti proyektor dan laptop dalam pembelajaran serta kurang pengalaman dalam pemanfaatan teknologi. Dengan tersedianya proyektor disekolah tersebut, maka media pembelajaran digital dengan pendekatan PMR dapat diaplikasikan diruang.

Tahap Design (Perancangan)

Langkah selanjutnya dalam mekanisme pengembangan yakni tahap perancangan. Makna dari tahap ini yakni untuk mendapatkan rancangan awal pengembangan media digital. Tahap ini yang dilangsungkan untuk merencanakan mekanisme pengembangan media digital. Pada tahap ini peneliti menyusun materi yang selaras dengan rencana mekanisme pembelajaran (terdiri dari kompetensi dasar dan makna pembelajaran yang telah disusun bersama pengajar dan divalidasi untuk diselaraskan dengan media digital. Materi pelajaran yang dimasukkan dalam pengembangan media digital ini adalah materi Sistem Persamaan Linear Dua Variabel (SPLDV). Pada tahap ini langkah pertama dalam mengembangkan media digital adalah membuat storyboard, yaitu kerangka yang berisikan langkah-langkah penjelasan rinci tiap-tiap tampilan media digital. Adapun juga peneliti dalam tahap ini mengumpulkan bahan-bahan serta alat yang digunakan dalam penyusunan skenario yang dibuat peneliti untuk membuat media digital.

Selain itu ditahap ini juga peneliti melakukan penyusunan instrumen diawali dengan pembuatan kisi-kisi angket yang diberikan kepada ahli media, ahli materi, pengajar matematika dan anak didik. Hasil penyusunan instrumen ini berupa angket validasi, angket tanggapan dan soal pre dan post test. Untuk menanggapi tingkat kepantasan media pembelajaran digital yang akan dikembangkan, dilangsungkan angket validasi kepada ahli media dan ahli materi. Sementara itu, angket tanggapan dibagikan kepada anak didik dan pengajar matematika untuk menanggapi tingkat kepraktisan dan efektivitas media pembelajaran digital. anak didik diberikan pertanyaan sebelum dan sesudah tes untuk melihat seberapa baik penafsiran konsep dan efektivitas anak didik setelah memakai media pembelajaran digital yang dikembangkan.

Tahap Development (Pengembangan)

Pada tahap ini bermakna untuk menata produk yang telah dirancang sebelumnya serta memvalidasi produk. Produk yang akan dibuat yakni media pembelajaran matematika digital dengan pendekatan PMR, lembar validasi, lembar angket respon guru dan siswa serta tes pretest dan posttest. Berikut akan dijelaskan langkah pembuatan media pembelajaran digital:

Langkah pertama menata adegan dengan menata pengaturan background, karakter dan gerakan animasi kartun pada template software Animaker. Selanjutnya merekam audio suara narator selaras naskah skenario video animasi memakai aplikasi perekam suara bawaan pada smartphone peneliti. Jika semua adegan sudah siap, tambahkan suara yang telah direkam sebelumnya dan selaraskan dengan adegan animasi yang telah disiapkan sebelumnya. Kemudian, dengan memakai software Canva, peneliti menata beberapa gambar ilustratif untuk melengkapi. Langkah selanjutnya yakni menyusun setiap adegan, menambahkan ilustrasi gambar dan menambahkan suara latar belakang memakai software Capcut. Suara latar dan suara narasi diatur sedemikian rupa sehingga enak untuk

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

didengarkan. Dan yang terakhir, seluruh adegan yang terintegrasi diperiksa kembali dan dibandingkan dengan script video animasi yang dibuat, sehingga terciptalah video animasi pembelajaran yang utuh.

Langkah selanjutnya setelah pembuatan produk dilanjutkan dengan tahap validasi produk, dimana tahap ini harus dilangsungkan untuk menanggapi apakah produk yang diproduksi layak untuk diuji atau tidak. Setelah saran dan masukan diterima dari validator, dilangsungkan revisi hingga produk yang diuji selesai. Berdasarkan Hasil validasi memperlihatkan bahwa media pembelajaran matematika digital dan instrument tes (*pretest* dan *posttest*) menunjukkan bahwa semua perangkat tersebut tergolong valid. Hal tersebut dapat dibuktikan dari hasil validasi media pembelajaran digital dari ketiga validator ahli materi diperoleh rata-rata presentase kevalidannya sebesar 88,67% , dimana hasil tersebut dikategorikan sangat layak. Hal ini didukung oleh penelitian Choirunisa Amalia yang menyatakan hasil validasi oleh ahli materi diperoleh rata-rata persentase sebesar 83,96% dengan dikategorikan "sangat layak"

Hasil validasi media pembelajaran digital dari ketiga validator ahli media diperoleh rerata presentase kevalidannya sebesar 86,13%, dimana hasil tersebut dikategorikan sangat layak untuk digunakan dalam pembelajaran. Hal ini didukung dengan adanya penelitian oleh Choirunisa Amalia yang menyatakan hasil validasi media digital oleh ahli media diperoleh rata-rata persentase sebesar 88,93% dengan dikaegorikan "sangat layak"

Tahap Implementation(implementasi)

Setelah melangsungkan revisi atau penyempurnaan terhadap seluruh instrumen dan media pembelajaran matematika digital pendekatan PMR yang dikembangkan berlandaskan saran dan masukan para ahli serta telah memenuhi kualifikasi validitas, maka tahap selanjutnya yakni tahap implementasi. Instrumen tes dan media pembelajaran digital yang dikembangkan terlebih dahulu diuji keterbacaannya, kemudian dilangsungkan uji lapangan untuk menanggapi keselarasan praktis dan efektivitas media dalam melangsungkan mekanisme pembelajaran.

Sebelum diterapkan pada situasi yang sebenarnya media pembelajaran matematika digital dengan pendekatan PMR akan diuji keterbacaannya terlebih dahulu agar dapat diketahui apakah tayangan media digital sudah jelas dan dapat dipahami oleh anak didik atau belum. Jika masih terdapat masukan dan saran yang diberikan anak didik, media pembelajaran matematika digitalakan direvisi kembali. Tes keterbacaan dilangsungkan pada 10 anak didik ruang VII-3 SMP Negeri 27 Medan. Peserta didik diminta menonton tayangan media digital dari awal hingga akhir. Formulir saran dan masukan kemudian dibuat. Selanjutnya anak didik diminta menuliskan kontribusi dan saran mengenai media digital pada lembar tersebut.

Pada fase uji lapangan, media pembelajaran digital diuji pada kondisi nyata dengan memakai pendekatan PMR. Tahap ini dilangsungkan dalam 3 sesi, dengan dilangsungkan pre-test kepada anak didik sebelum memakai media pembelajaran digital. Selain itu tindakan pembelajaran berbasis RPP dilangsungkan dengan memakai model pendekatan pendidikan matematika realistik dimana peneliti berperan sebagai pengajar. Uji lapangan dilangsungkan di kelas VIII-3 yang berjumlah 30 anak didik. Setelah penerapan media pembelajaran digital, diberikan soal posttest dan angket tanggapan peserta didik dibagikan kepada anak didik dan angket tanggapan pengajar dibagikan kepada pengajar. Data yang didapatkan pada tahap uji lapangan yakni hasil kemampuan penafsiran konsep matematis anak didik pada pretest dan posttest, dan angket tanggapan anak didik serta angket tanggapan pengajar terhadap media pembelajaran digital yang dikembangkan.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Berdasarkan hasil analisis angket respon siswa media pembelajaran matematika digital berbasis PMR memperoleh validitas kepraktisan sebesar 82.25% dan angket respon guru sebesar 91,6% sehingga media pembelajaran matematika digital dapat dikategorikan sangat praktis.. Hal ini memperlihatkan bahwa media digital yang dikembangkan mendapat respon yang positif dan praktis digunakan oleh siswa sebagai salah satu media pada materi SPLDV Hal ini didukung dengan adanya penelitian oleh Elly Nafsiah dan Tiur Malasari Siregar yang menyatakan hasil angket respon siswa diperoleh dengan persentase sebesar 90,9% dan hasil angket respon guru diperoleh dengan persentase sebesar 97,3% dengan dikaegorikan "sangat praktis"

Pada uji lapangan hasil *pretest* diperoleh nilai rerata sebesar 44,2 dan *posttest* diperoleh rata-rata sebesar 82,8,selisih dari *posttest* dan pretest ialah 38,6. Berlandaskan hasil *pretest* uji lapangan memperlihatkan adanya terdapat 1 orang siswa (3,23%) yang tuntas atau melampaui 73, sementara 29 orang siswa (96,67%) memperoleh nilai dibawah 73 sehingga dinyatakan tidak tuntas sedangkan hasil *posttest* memperlihatkan adanya terjadi peningkatan pada jumlah siswa yang melampaui KKM atau memperoleh nilai tuntas, yaitu 26 orang siswa (86,67%) dan 4 orang siswa (13,33%) dinyatakan tidak tuntas. Dengan begitu jumlah siswa yang mendapati nilai ≥ 73 di dalam kelas sebanyak $\geq 85\%$ dari jumlah seluruh siswa, maka siswa kelas VIII-3 SMP Negeri 16 Medan dikategorikan tuntas belajarnya. Adapun disaat uji N-gain diperoleh kriteria peningkatan dengan kategori "sedang" dengan nilai 0,68.

Tahap Evaluation (Evaluasi)

Tahap selanjutnya adalah evaluasi, yaitu tahap akhir untuk mengenali kekurangan dan kesalahan yang kerap terjadi pada saat penelitian dan mengembangkan media digital yaitu melalui angket validasi ahli oleh dosen, angket kepraktisan dari siswa guna mengetahui kelayakan dan kepraktisan. Evaluasi yang diperoleh tersebut digunakan sebagai bahan perbaikan agar media digital berbasis PMR yang dikembangkan menjadi lebih baik lagi.

Evaluasi pada tahap analisis (analysis) terdapat pada bagian analisis kebutuhan yakni diketahui bahwa proses pembelajaran didalam kelas masih berpusat pada guru sehingga siswa tidak terlibat aktif dalam pembelajaran, Metode ceramah yang digunakan mendominasi guru dalam proses pembelajaran sehingga membatasi kesempatan siswa untuk menemukan dan membangun pengetahuannya sendiri. kemudian buku cetak yang digunakan mereka merupakan satu-satunya alat pendukung dalam pembelajaran mereka, buku cetak yang digunakan siswa tidak bewarna dan hanya terdapat sedikit gambar sehingga kurang menarik perhatian siswa dalam belajar hal ini merupakan salah satu penyebab rendahnya pengetahuan siswa dalam pembelajaran matematika. Sementara itu, berdasarkan hasil wawancara siswa mengaku bahwa mereka lebih menyukai pembelajaran matematika apabila menggunakan media pembelajaran yang lebih menarik dilengkapi dengan video pembelajaran disetiap materinya, serta materi yang disajikan dikaitkan dengan kehidupan nyata dengan menggunakan bahasa yang mudah dimengerti oleh siswa.

Evaluasi pada tahap perancangan (design) yaitu terdapat pada menambahkan aktivitas guru dan aktivitas siswa dalam rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP), evaluasi selanjutnya ialah memperbaiki kualitas suara media digital. Selain itu juga terdapat evaluasi pada soal pretest dan posttest yaitu memperbaiki kesalahan penulisan dan ejaan, dan penggunaan bahasa yang bermakna ganda.

Evaluasi pada tahap pengembangan(development) yaitu terdapat pada evaluasi uji keterbacaan dimana siswa meminta untuk kualitas media digital agar semakin diperjelas selanjutnya evaluasi pada uji lapangan ialah setiap lembar aktivitas yang terdapat di dalam proses pembelajaran dikerjakan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

secara berkelompok guna memanfaatkan efesien waktu dalam pembelajaran dan pada lembar aktivitas, dengan mengelompokkan siswa tersebut secara heterogen agar kemampuan rata-rata tiap kelompok relatif sama. Evaluasi pada tahap implementasi (Implementation) diperoleh dari uji lapangan oleh siswa yakni tidak terdapat revisi.

KESIMPULAN

Kualitas media pembelajaran matematika digital yang dibuat untuk membantu anak didik menginterpretasikan konsep matematis dalam topik SPLDV sudah terbukti valid, praktis, dan efektif. Dari segi kevalidan, media digital yang dibuat memenuhi kualifikasi validitas berlandaskan penaksiran validator materi dan media, dengan skor rerata masing-masing menjangkau 88,67% dan 86,13%, keduanya masuk dalam tim sangat layak. Dari segi kepraktisan, media digital yang dikembangkan dianggap praktis berlandaskan hasil tanggapan anak didik dan pengajar dalam angket. Berlandaskan hasil angket, praktikalitas produk di skala oleh anak didik senilai 82,25% sementara pengajar membagikan penaksiran senilai 91,6%. Karena tanggapan anak didik dan pengajar yang tercatat dalam angket berada pada rentang 61% hingga 80%, maka penggunaan media digital dengan pendekatan PMR dianggap praktis. Dilihat dari sisi efektivitasnya, media digital yang memakai pendekatan PMR telah terbukti efektif. Dapat diamati dari beberapa hal berikut: (a) 80% anak didik yang menelusuri pembelajaran berhasil menjangkau nilai ≥73, (b) ketuntasan belajar individu rerata menjangkau 80.00, dan (c) penggunaan media digital dalam pembelajaran dengan pendekatan PMR tidak memulihkan durusi pembelajaran standar, sementara anak didik membagikan tanggapan yang positif terhadap pembelajaran

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang sudah memberikan anugerah dan kasih karuniaNya kepada penulis, sehingga artikel ini boleh selesai sesuai dengan ketentuan. Penulis bersyukur dan memberikan ungkapan terima kasih teruntuk kedua orang tua penulis yang sudah memberikan doa serta motivasi. Begitupun tak lupa juga kepada dosen pembimbing Bapak Kairuddin S.Si. M.Pd. yang telah berperan banyak dalam memberikan suatu masukan dan juga arahan serta bimbingan kepada penulis artikel.

DAFTAR PUSTAKA

Amalia, C., Alamsyah, T., & Pamungkas, A. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbasis Smart Apps Creator Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Peserta Didik Disekolah Dasar. *Autentik: Jurnal Pengembangan Pendidikan Dasar*, *6*(2), 265-275. https://doi.org/10.36379/autentik.v6i2.238

Anggraeni, S.W., Yayan, A., Depi, P., & Euis, W. (2019). Pengembangan Multimedia Pembelajaran Interaktif Berbasis Video untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(6), 5313 -5327. https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i6.1636

Baiduri, Marhan T., & Lufita E. (2019). Pengembangan Media Pembelajaran Pop up Book Berbasis Audio Pada Materi Bangun Datar Segiempat Di SMP. *Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 8(1), 248-261. https://doi.org/10.24127/ajpm.v8i1.1951

Juniantari, M., Pujawan, I. G. N., & Widhiasih, I. D. A. G. (2019). Pengaruh Pendekatan Flipped Classroom Terhadap Pemahaman Konsep Matematika Siswa SMA. *Journal of Education Technology*, 2(4), 197. https://doi.org/10.23887/jet.v2i4.17855

Khuzaini, N., Nuryadi, & Aludin, G. (2019). *Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Multimedia Interaktif Adobe Flash CS3 Dengan Pendekatan Matematika Realistik Untuk*

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Meningkatkan Komunikasi Matematis Siswa Pada Pokok Bahasan Lingkaran. Yogyakarta, Indonesia: Jurusan Pendidikan Matematika, Universitas Mercu Buana Yogyakarta

Kurniawati, I. D. & Sekreningsih, N. (2018). Media Pembelajaran Berbasis Multimedia Interaktif Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Mahasiswa. *Jurnal of computer and Information Technology*, 1(2), 68-75. https://doi.org/10.25273/doubleclick.v1i2.1540

Maisarah, Try A. L., & Sirikanda S. (2022). Urgensi Pengembangan Media berbasis Digital Pada Pembelajaran Bahasa Indonesia. *Jurnal Pendidikan Bahasa Indonesia*, 2(1), 65-75. http://dx.doi.org/10.30821/eunoia.v2i1.1348

Manullang, Sudianto. (2017). *Matematika Kelas XI*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Ramadhanty, A., Qory, N., & Sri, U. (2024). Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik dalam Pembelajaran Matematika. *Jurnal Inovasi dan Humaniora*, 1(6), 829-835. https://jurnalmahasiswa.com/index.php/jurihum

Sholikhah, O. H., & Pradana, L. N. (2018). Virtual Mathematics KITS (VMK): Mempromosikan Media Digital dalam Literasi Matematika. *Jurnal Profesi Pendidikan Dasar*, 5(2), 147–154. https://doi.org/10.23917/ppd.v1i2.6717

Sulastri, Marwan, & Duskri. (2019). Kemampuan Representasi Matematis Ssiwa SMP melalui Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik. *Jurnal Tadris Matematika*, 10(1), 51-69. http://dx.doi.org/10.20414/betajtm.v10i1.101.

Supartini, M. (2016). Pengaruh Penggunaan Media Pembelajaran dan Kreativitas Guru Terhadap Prestasi Belajar Siswa Kelas Tinggi di SDN Mangunharjo 3 Kecamatan Mayang Kota Probolinggo. *Jurnal Penelitian dan Pendidikan IPS (JPPI)*, 10(2), 1858-4985. http://ejournal.unikama.ac.id/index.php/JPPI

Wahyuningsi, E. (2019). Pembelajaran Matematika dengan Pendekatan Problem Based Learning dalam Implementasi Kurikulum 2013. *Jurnal Pengembangan Pembelajaran Matematika*, 1(2), 11-29. https://doi.org/10.14421/jppm.2019.12.69-87

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

The Effect of The Problem-Based Learning Model on Students' Mathematics Problem Solving Abilities

William Bermand Christopher Sitinjak[1*], & E. Elvis Napitupulu[2]
[1,2]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author: williamsitinjak3@gmail.com*

Abstrak, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menggambarkan bagaimana model pembelajaran berbasis masalah (Problem-Based Learning) meningkatkan kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah matematika. Penelitian ini diklasifikasikan sebagai eksperimen semu (quasi-experiment). Desain penelitian ini menggunakan kelas kontrol dan kelas eksperimen. Metode pengumpulan data menggunakan pre-test dan post-test. Populasi penelitian terdiri dari seluruh 330 siswa kelas 8 di SMP Negeri 6 Medan yang tersebar dalam 11 kelas. Sampel penelitian berjumlah 60 siswa, masing-masing 30 siswa dari dua kelas (kelas 8-J sebagai kelas eksperimen dan kelas 8-I sebagai kelas kontrol). Data penelitian dianalisis dengan uji t, uji homogenitas, dan uji normalitas. Dengan bantuan SPSS, data dinyatakan homogen dan normal. Karena tingkat signifikansi uji t lebih kecil dari 0,05, maka H0 ditolak dan Ha diterima. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa siswa yang diajar dengan menggunakan model pembelajaran berbasis masalah memiliki kemampuan pemecahan masalah matematika yang lebih baik dibandingkan dengan siswa yang diajar dengan model pembelajaran langsung.
Kata kunci: Kemampuan pemecahan masalah matematika; pembelajaran berbasis masalah; efektivitas

Abstract*, the purpose of this study is to characterize how the problem-based learning model enhances students' capacity for solving mathematical problems. This study is classified as a quasi-experiment. This study's design makes use of control and experiment classes. Pre-test and post-test data gathering methodology. All 330 pupils in the 8th grade at SMP N 6 Medan, distributed over 11 classes, made up the study's population. 60 students, 30 in each of the two courses (class 8-J being the experimental class and class 8-I being the control class) were included in the study's sample. The t-test, homogeneity test, and normality test were used to assess the research's data. With SPSS's help, the data is homogeneous and normal. Because the- test significance level is less than 0.05, H_{0-} was rejected and H_a was approved. Therefore, it can be concluded that students taught using the Problem-Based Learning model have superior mathematical problem-solving abilities compared to those taught using the direct-instructional model.*
Keywords*: Mathematics problem solving abilities, problem-based learning, effect*

Citation : Sitinjak, W. B. C., & Napitupulu, E. E. (2024). The Effect of The Problem-Based Learning Model on Students' Mathematics Problem Solving Abilities. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 805 – 812

INTRODUCTION

Education is one of the most crucial parts of a country. It can improve the quality of human resources. The education process and the formation of quality human resources have a logical relationship that cannot be separated because through education, a person is educated and developed in a better direction. One of the lessons learned that students must master is mathematics. Mathematics is a learning that exists at every level in education. Laia & Harefa (2021) emphasize that mathematics is learning that can develop thinking, reasoning, and logic in solving problems in everyday life. However, the importance of mathematics is not directly proportional to what happens in the field, where many students avoid and allergic to mathematic.

There are 5 mathematical abilities that must be mastered by students mentioned by NTCM (2000), namely: 1) mathematical problem solving ability, 2) mathematical connection ability, 3)

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

mathematical communication ability, 4) mathematical representation ability, and 5) mathematical reasoning ability. It can be seen that problem solving ability is one of the important abilities that must be mastered by students. Setyaningsih & Rahman (2022) added that problem solving ability is one of the higher-level abilities and also the focus of mathematics learning in the 21st century.

Mathematics problem solving ability is the ability to solve a problem or find a solution or answer to a problem. Thamsir, et al (2019) in their research stated that mathematical problem solving can be interpreted as an activity that combines all mathematical skills, knowledge, and reasoning to find a solution to a problem. Therefore, mathematics problem solving ability is a very important ability in learning mathematics. According to Polya (1957), there are four stages in the problem solving process, namely: 1) Understanding the problem, 2) Devising a plan, 3) Carrying out the plan, 4) Looking back. The indicators in this study referring to Polya's stages are presented in Table 1. below.

Table 1. Indicators of Mathematics Problem Solving Abilities

Polya's Stages	Indicators based on Polya's Stages
1. Understanding the problem	Students identify the known and questionable elements in the problem.
2. Devising a plan	Students create a strategy to solve the problem based on the information available.
3. Conducting the plan	Students apply the strategies to solve problems.
4. Looking back	Students interpret the solution resulting from the problem-solving process.

Considering the findings of the researcher's interviews with one of the mathematics teachers of SMP N 6 Medan, it is known that there are a large number of students of SMP N 6 Medan who are still unable to solve mathematical problems. The teacher explained that the learning conducted in the classroom is direct instructional model which is teacher-centered learning that made students less active in learning. Student just got the information, write, remember and do the exercise. The teacher also said that students are confused to solve problems if given outside the example even though the form of the problem is the same.

This is supported by the facts that exist when researchers made initial observations by giving diagnostic tests to 26 students in class 8-D SMP N 6 Medan to measure mathematics problem solving abilities. Based on the students' answer sheets, 17 students (65.4%) were classified as very low, 6 students (23.1%) were classified as low, and 3 students (11.5%) were classified as medium. This shows that students' mathematics problem solving abilities are still said to be very lacking or inadequate. One of the causes of the problem is the learning model that is carried out during learning. Based on these situations and conditions, it is very necessary to have a learning model that can improve students' mathematics problem solving skills considering the importance of these abilities.

One of the learning models that have received attention from educators is the Problem-Based Learning (PBL) Model (Syamsidah, 2018). PBL is an innovative learning model that uses problems as the basis for concept information (Isrok'atun & Rosmala, 2019). Hafidloh (2020) added that PBL is a learning model based on contextual problems and requires students to solve problems to obtain mathematical concepts. The Department of National Education (in Nurdin & Adriantoni, 2016) said that PBL is a learning model that teaches students how to solve issues and think critically by using problems as a context. Based on the opinions, it can be concluded that Problem-Based Learning is an innovative learning model that presents problems to students to be solved in order to build acquire mathematical concepts.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Presenting students with real-world, significant problem scenarios that can act as catalysts for research and inquiry is the cornerstone of problem-based learning model (Arrends, 2009). The main principle of PBL is the use of real problems that are open ended problems, namely problems that have many answers or solution strategies and are not well structured which cannot be solve directly as a means for students to develop knowledge, critical thinking skills and problem solving (Sofyan, et al, 2017). Ibrahin & Nur (in Al-Tabany, 2017) stated that PBL consists of five main stages, namely: 1) Orienting students towards the issues; 2) Organizing students; 3) Guiding student investigation in individuals and groups; 4) Developing and presenting result; and 5) Evaluating and concluding the problem solving process. Table 2. will explain in detail these five steps.

Table 2. Syntax of PBL

Phase	Teacher Activity
Orienting students towards the issues	The teacher encourages students to actively participate in problem-solving exercises while outlining the learning objectives and the preparations that are required.
Organizing students	Teacher organizes students in determining and identifying concepts about the problem and organizing learning tasks related to the problem.
Guiding students investigation in individual and groups	To help pupils comprehend and solve problems, the teacher guides them collect pertinent data and carry out experiments.
Developing and presenting result	The teacher helps students share assignments with their group members and helps them plan and prepare relevant work, such as reports.
Evaluation and concluding the problem solving process	The teacher assists students in reflecting on or assessing their research and the methodology they employ

There have been several previous studies indicating that the Problem-Based Learning model improves problem solving skills Research conducted by Sari (2021) on students in class 11-MIA SMA Al-Ulum Terpadu Medan showed that the average percentage of students' mathematical problem solving ability increasing by 13.2% from 68.16% in cycle I to 81,36% in cycle II. So it is clear that using the Problem-Based Learning model can help students become more adept at solving mathematical problems. Research carried out by Situmorang, et al (2022) on students in class 8 SMP Gajah Mada Medan showed that the results of the calculation of the correlation coefficient test obtained $t_{value} > t_{tabel}$ yaitu $13.634 > 1.695$ which means that there is a strong relationship between the PBL model and students' mathematic problem solving abilities. Research carried out by Elita, et al (2019) on students in class VIII MTS. N Semerah Kerinci found that there were differences in the experimental and control class with an average value of 72.58 for the experimental class dan 65.00 for the control class, so it can be concluded that the learning using the PBL has an effect on student' mathematical problem solving abilities.

The purpose of this study is to ascertain whether students who are taught using the Problem-Based Learning model are better at solving mathematical problems than students who are taught using the Direct Instructional methodology, as stated in the above description.

METHODS

This kind of study is referred to as quasi-experimental. This research was carried out at SMP N 6 Medan located at Jl. Bahagia No. 42, Teladan Timur, Medan Kota Sub-district, Medan, North Sumatera in the odd semester of the 2024/2025 School Year. The population of this study was students in class 8 SMP N 6 Medan 2024/2025 School Year which divided into eleven class as many as 330 students. Purposive sampling was used to collect data for this research. The sample of this study was 8-I students as the control class and 8-J students as the experimental class. Each class consisted of 30 students.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Problem-Based Learning model is the independent variable, and Mathematics Problem Solving Abilities is the dependent variable. The research design is Nonequivalent Control Group Design, which involves two non-randomly selected groups that are then administered a pretest to ascertain whether the experimental group and the control group differed (Sugiyono, 2019). The design used is described in Table 3. below.

Table 3. Research Design

Class	Pre-test	Treatment	Posttest
Experiment (E)	O_1	X_1	O_3
Control (C)	O_2		O_4

The test of students' aptitude for solving mathematical problems served as the research tool for this investigation. A written test consisting of four questions describing the System of Linear Equations of Two Variables was utilized in this study to gauge students' aptitude for solving mathematical problems. The Table 4. is a rubric for scoring students' mathematics problem solving ability (Cahyadi, et al, 2023).

Table 4. Mathematics Problem Solving Ability Scoring Rubric

Indicator	Steps of Problem Solving	Score
Identifying what is known and asked in the problem	Do not write down any information at all	0
	Write down the wrong information	1
	Write down some of the required information correctly	2
	Write down all the required information correctly	3
Creating a strategy to solve the problem	Do not plan the solution at all	0
	Make a plan that could not be implemented	1
	Make a correct but incomplete plan	2
	Make a plan in accordance with the procedure and led the correct solution	3
Applying the strategy to solve the problem Interpreting the results	No answer at all	0
	Do not implement the strategy correctly	1
	Implement the strategy correctly but get the wrong solution	2
	Implement the strategy correctly and get the right solution	3
Interpreting the results	No interpretation of results	0
	Interpreted the results obtained by making conclusions.	1

The normality and homogeneity tests, which are pre-requisite for testing the data and testing hypotheses, were employed in this investigation. This study's normality test was aided by SPSS software, and the data is considered normally distributed if the significance value is greater than 0.05. This study's homogeneity test, which was aided by SPSS software, indicated that the two sample group had distinct variances if the significance value was greater than 0.05. With the use SPSS software, the independent sample t-test is the hypothesis testing method employed. In hypothesis testing, the significance level is set at 0.05..

RESULT AND DISCUSSION

This study used a sample of two classes and was carried out in class VIII of SMP N 6 Medan. There are 60 samples in total, with 30 students in class VIII-J serving as the experimental class and 30 students in class VIII-I serving as the control class. This study sought to ascertain how the Problem-Based Learning model affected students' capacity to solve mathematical problems. The prerequisite material is repeated to the students as the first learning exercise. Furthermore, the researcher gave students a problem related to the System of Linear Equations of Two Variables in real life then gave students the opportunity to respond to the problems given. Furthermore, students

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

will be formed into several groups and continued by giving treatment. The experimental class was taught with Direct-Instructional model. The data in this study were collected by giving a description test to students then the data were processed using the IBM SPSS Statistic application.

Before being given treatment, the experimental class and control class were given a pretest of mathematics problem solving ability at first. Statistic of pretest data of experimental and control classes are presented in Table 5. below.

Table 5. Pretest Score Distribution for the Experimental and Control Class

Experimental Class		**Control Class**	
Score Interval	**Frequency**	**Score Interval**	**Frequency**
2.5-7.5	7	5-9	3
8-13	7	9.5-13.5	8
13.5-18.5	4	14-18	7
19-24	6	18.5-22.5	7
24.5-29.5	2	23-27	2
30-35	4	27.5-31.5	3
n	30	n	30
$\bar{x}$	15.917	$\bar{x}$	16.417
SD	8.6474	SD	7.2422

Additionally, posttest questions were administered to assess students' mathematical problem-solving skills after they were given distinct treatments for the two sample classes – the experimental class received the Problem-Based Learning model, while the control class received the Direc-Instructional model. The data shown in the Table 6. Below is based on the research findings.

Table 6. Posttest Score Distribution for the Experimental and Control Class

Experimental Class		**Control Class**	
Score Interval	**Frequency**	**Score Interval**	**Frequency**
40-50	4	35-45	1
51-61	1	46-56	9
62-72	11	57-67	9
73-83	3	68-78	6
84-94	8	79-89	2
95-105	3	90-100	3
n	30	n	30
$\bar{x}$	73.083	$\bar{x}$	64.250
SD	15.9158	SD	14.8433

From the acquisition of student pretest data, the average scores in the experimental and control classes were 15.917 and 16.417, respectively. While the posttest data of students in the experimental class has an average of 73.083 and in the control class of 64.250. Furthermore, normality and homogeneity test were carried out on the experimental class and control classes. The test criteria if the sig. value obtained more than 0.05 then it is concluded that the data is normally distributed. Based on the normality test processing, the results obtained are presented in Table 7. below.

Table 7. Normality Test Result

Instrument	**Sig.**	**Result**
Pre Experimental	0.125	Normal
Pre Control	0.140	Normal
Post Experimental	0.113	Normal
Post Control	0.170	Normal

Based on the results of data processing with the IBM SPSS application, it is known that all sig. values of each instrument are greater than 0.05 so that all pretests (0,310) and posttests (0,368)

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

in both experimental and control classes are normal. Furthermore, the homogeneity test was carried out. The homogeneity test in the experimental and the control classes is shown in Table 8. that the homogeneity test shows a significance value are more than 0.05 which indicated that the two sample groups have the same variance. Furthermore, hypothesis testing was carried out using the independent sample t-test and the Sig. (2-tailed) of 0.030 is less than 0.05, indicating that H_0 is rejected and H_a is accepted, according to the results of the hypothesis test in Table 9. This demonstrates that pupils taught using the Problem-Based Learning model and those taught using the Direct-Instructional model differ significantly in their capacity to solve mathematical problems.

Based on the findings of hypothesis testing using independent sample t-test, it is found that the mathematics problem solving abilities of students taught with the Problem-Based Learning model is superior than students taught with the diret instructional learning. This is based on testing using the t-test which found that there was a significant difference. A significant difference indicates the effect of treatment on one of the variables. This is in accordance with Salkind (2017) saying that significant differences can be interpreted as the influence or effect of the treatment applied. This also agrees with Sudjana (2002) who said that a significant difference in the averages indicates that the observed difference among the samples is unlikely to have occurred by chance; rather, there is a factor causing this difference.

The Problem-Based Learning model is not new in improving students' mathematics problem solving abilities. Setyaningsih & Rahman (2022) showed a significant difference between the control class and the experimental class, where the average post-test scores in the experimental and control class, wheren the average post-test scores in the experimental and control classes were 80 and 62.20, respectively. This shows that the research conducted by the researcher is not good. This is because the students studied had lower pretest scores in both the experimental and control classes. Elita, et al (2019) showed a significant average difference where the average scores in the experimental and control classes were 72.58 and 65 respectively. This shows that the research conducted by researchers is better.

The Problem-Based Learning model was applied to affect the students' mathematics problem solving abilities in class 8 SMP N 6 Medan, which was classified as low based on the results observed at school. This problem-based learning model has a syntax, which guides students to solve problems with the information they get individually or in groups. So that it can hone students' abilities in solving mathematics problems based on what they understand or find in everyday life.

The way problem-based learning model has an effect occurs because the stage of problem-based learning model. The first stage is orienting students towards the issues. This stage attracts students' attention to begin to understand the issue and think about how to solve it. The second stage is organizing students. This stage trains students in identifying the elements in the problem and analyzing ways to solve the problem. The third stage is guiding student investigations to solve problems. This stage trains students in devising the plan to solve the problem. The fourth stage is developing and presenting the results of problem solving. This stage trains students in carrying out the strategies to solving the problems. The fifth stage is evaluating and concluding the problem solving process. This stage trains students to conclude and interpret the solution obtained from the problem solving process.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

CONCLUSION

It may be inferred from the analysis and hypothesis testing results that students taught using the Problem-Based Learning model are more adept at solving mathematical problems than students taught using the Direct-Instructional model. This is demonstrated by the sig. 003 < 0.05 result. After that, H_a is approved and H_0 is rejected.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Tabany, T. I. B. (2017). *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif, Progresif, dan Kontekstual: Konsep, Landasan, dan Implementasinya pada Kurikulum 2013 (Kurikulum Tematik Integratif/KTI)*. Kencana: Jakarta

Arrends, R. I. (2012). *Learning to Teach 9th Edition*. McGraw-Hill Companies.

Cahyadi, M. R., Darmayanti, R., Muhammad, I., Sugianto, R., Choirudin. (2023). Rubrik Penilaian Tes Esai dari Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika. *Jurnal Sains dan Pembelajaran Matematika*. 1(2): 37-43.

Elita, G. S., Habibi, M., Putra, A., Ulandari, N. (2019). Pengaruh Pembelajaran Problem Based Learning dengan Pendekatan Metakognisi terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*. 8(3): 447-458.

Hafidloh, A., Coesamin, M., Widyastuti. (2020). Pengaruh Model Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa. *Jurnal Pendidikan Matematika*. 8(3): 182-192

Isrok'atun & Rosmala. A. (2019). *Model-Model Pembelajaran Matematika*. Jakarta: Bumi Aksara.

Laia, H. T., & Harefa, D. (2021). Hubungan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis dengan Kemampuan Komunikasi Matematik Siswa. *AKSARA: Jurnal Ilmu Pendidikan Nonformal*. 7(2): 463-473.

National Council of Teahcers of Mathematics. (2000). *Principles and Standars for School Mathematics*. Reston, VA: The National Council of Teachers of Mathematics, Inc.

Nurdin, S., & Adriantoni. (2016). *Kurikulum dan Pembelajaran*. Jakarta: RajaGrafindo Persada.

Polya, G. (1957). *How to Solve It: A New Aspect of Mathematic Method*. New Jersey: Princeton University Press.

Salkind, N. J. (2017). *Statistics for People Who (Think They) Hate Statistics 6th edition*. California: SAGE Publications, Inc.

Sari, T. W. (2021). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika Siswa di Kelas XI- IPA SMA Islam Al-Ulum Terpadu Medan. *APIC: Analisa Pemikiran Insan Cendikia*. 4(1): 29-38.

Setyaningsih, R., & Rahman, Z. D. (2022). Pengaruh Model Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*. 11(2): 1606-1619.

Situmorang, A. S., Tambunan, H., Purba, Y. J. R., Purba, K. M. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Peserta Didik Pada Materi Luas Permukaan Bangun Ruang Balok di Kelas VIII SMP Gajah Mada Medan T.P. 2021/2022. *Jurnal Pendidikan dan Konseling*. 4(5): 8121-8127.

Sofyan, H., Wagiran., Komariah, K., Triwiyono, E. (2017). *Problem Based Learning dalam Kurikulum 2013*. Yogyakarta: UNY Press

Sudjana, N. (2002). *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.

Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Bandung: Alfabeta.

Syamsidah., & Suryani, H. (2018). *Model Problem Based Learning (PBL)*. Yogyakarta: Deepublish.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Thamsir, T., Silalahi, D. W., Soesanto, R. H. (2019). Upaya Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Soal Non-Rutin pada Materi Persamaan dan Pertidaksamaan Linear Satu Variabel dengan Penerapan Metode Peer Tutoring. *JOHME: Journal of Holistic Matematics Education*. 3(1): 96-107.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Peran Media Komik Berbasis Budaya Lokal Tapanuli Selatan dalam Pembelajaran Matematika SD

Yulia Anita Siregar
Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Tapanuli Selatan, Indonesia
Coresponding Author: yulia.anita@um-tapsel.ac.id

Abstrak, *konstribusi media dalam kegiatan belajar mengajar adalah sebagai suatu ara dalam mempermudah guru untu menjadian egiatan pembelajaran lebih hidup dan menyenangkan. Menyediakan media pada saat terjadinya proses belajar akan memunculkan kesan positif siswa dalam memahami materi pembelajaran. Sehingga guru dituntut menjadi lebih inovatif dalam mengembangkan media pembelajaran. Akan tetapi tetap ditemukan kegiatan belajar yang hanya berpusat pada apa yang dijelaskan oleh guru secara verbal saja. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peran media pembelajaran menggunakan komik berbasis budaya lokal tapanuli selatan. Untuk membuat komik ini, peneliti menggunakan aplikasi Canva. Komik online ini didesain pada materi matematika SD, selain itu komik ini menampilkan budaya lokal tapanuli selatan. Pengumpulan data dilakukan dengan Studi Literatur Riview, yaitu dengan mengumpulkan hasil beberapa artikel yang sudah ada sebelumnya. Selanjutnya penelitian yang sudah didapatkan di analisis seluruhnya yang kemudian di simpulkan sedemikian sehingga di peroleh kesimpulan mengenai manfaat media pada pembelajaran matematika terhadap antusias kegiatan pembelajaran siswa di SD. Hasil penelitian menunjukkan adanya peran media pada saat kegiatan belajar mengajar matematika adalah berpengaruh besar kepada semangat belajar siswa. Siswa menjadi lebih antusias dalam belajar dan merasa lebih menyennagkan. Denan adanya media dalam belajar juga memberikan pemahaman yang lebih mudah bagi siswa untuk dapat mengerti materi yang diberikan oleh guru.*
Kata kunci: Media Pembelajaran, Komik, Budaya Lokal Tapanuli Selatan, Matematika SD

Abstract, *the contribution of media in teaching and learning activities is as a way to make it easier for teachers to make learning activities more lively and enjoyable. Providing media during the learning process will create a positive impression on students in understanding the learning material. So that teachers are required to be more innovative in developing learning media. However, learning activities are still found that only focus on what the teacher explains verbally. This study aims to determine the role of learning media using comics based on local culture of South Tapanuli. To create this comic, researchers used the Canva application. This online comic is designed on elementary school mathematics material, besides this comic displays the local culture of South Tapanuli. Data collection was carried out with a Literature Review Study, namely by collecting the results of several previously existing articles. Furthermore, the research that has been obtained is analyzed in its entirety which is then concluded in such a way that conclusions are obtained regarding the role of media in mathematics learning on students' enthusiasm for learning in elementary schools. The results of the study show that the role of media during mathematics teaching and learning activities is very influential on students' enthusiasm for learning. Students become more enthusiastic in learning and feel more enjoyable. The presence of media in learning also provides an easier understanding for students in understanding learning materials.*
Keywords*:Learning Media, Comics, South Tapanuli Local Culture, Elementary Mathematics*

Citation : Siregar, Y. A. (2024). Peran Media Komik Berbasis Budaya Lokal Tapanuli Selatan dalam Pembelajaran Matematika SD. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 813 – 822

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

PENDAHULUAN

Pembelajaran adalah adanya suatu proses yang melibatkan guru dan siswa dala lingkungan belajar. dampak dari proses yang terjadi ini adalah adanya ilmu yang diperoleh oleh siswa dari guru yang berlangsung secara terarah dan sesuai tujuan yang ingin dicapai (Ahdar & Wardana, 2019). Dalam hal ini pemerintah secara berkelanjutan terus mengembangkan kurikulum agar siswa memperoleh ilmu pengetahuan dan hal terkati lainnya dengan baik, yang pada saat sekarang ini dalah penetapan kurikulum 2013. Pada pelaksanaannya, kurikulum 2013 ini lebih menekankan berbagai aspek-aspek dalam pembelajaran yang salah satunya adalah penyederhanaan jumlah mata pelajaran, yang salah satunya adalah mata pelajaran matematika (Sari, 2020) .

kondisi pembelajaran matematikasaat ini tidak berdasarkan kasus yang nyata sehingga mengakibatkan sulitnya penerapan matematika dalam memecahkan masalah keseharian,konsep belajar bermakna dalam proses pembelajaran matematika akan mampu menjawab permasalahan yang dijumpai seoran peserta didik. Kurikulum 2013 dalam pembelajaran matematika SD merupakan deskripsi tujuan dan kompetensi yang diharapkan tercapai setelah kegiatan belajar seorang individu. Maka seorang guru harus mampu dan dapat menciptakan suasana belajar yang sesuai dengan karakteristik peserta didik dan karakter materi yang akan disampaikan dalam bentuk model pembelajaran dilengkapi sumber belajar dan media yang mendukung (Wisudawati & Sulistyowati, 2022). Maka diharapkan adanya media yang mampu menarik minat dan rasa antusias siswa dalam belajar matematika.

Media pembelajaran merupakan sesuatu yang digunakan dalam proses pembelajaran agar dapat membangkitkan pikiran, perasaan, minat dan perhatian siswa. Pada perkembangan teknologi 4.0 sekarang ini, adalah menjadikan media pembelajaran menjadi sesuatu yang penting. Teknologi pembawa pesan untuk dimanfaatkan untuk keperluan pembelajaran. Sarana fisik untuk menyampaikan isi dan materi pembelajaran seperti buku,film,video,slide,dan sebagainya (Schramm, 1977). Dalam memahami makna dari media pembelajaran kita dapat mendefenisikan bahwa manusia, benda ataupun kejadian tertentu sebagai sarana siswa dalam memeproleh pengetahuan dan keterampilan. Dimana media akan selaras dengan kemajuanteknologi pembelajaran (Rohani, 2020).

Sebagai seorang pendidik yang berpotensi harus dapat membuat dan memanfaatkan media secara baik dan dapat menarik perhatian serta minat belajar peserta didik, pembelajaran yang positif membuat siswa menjadi lebih antusias terhadap materi pelajaran. Kerumitan bahan yang akan disampaikankepada peserta didik dapat disederhanakan dengan bantuan media. Media dapat mewakili apayang kurang mampu guru ucapkan melalui kata-kata atau kalimat tertentu. Bahkankeabstrakan bahan dapat dikonkretkan dengan kehadiran media(Lubis, 2020).

Media pembelajaran berupa komik memiliki ke unikan yang bisa memebrikan pemahaman yang mudah dan menarik bagi siswa, karena memiliki alur cerita yang di rancang secara menarik dan memberikan kemudahan bagi siswa dalam mengingatnya. Lubis dalam Rohmanurmeta (2019) menyatakan bahwa komik digital atau online diartikan berupa gambar yang dirancang dalam urutan tertentu, yang di buat menggunakan komputer. Dan selanjutnya dapat di terbitkan dalam bentuk online ataupun digital (Rohmanurmeta & Dewi, 2019).

Media pembelajaran komik pada matematika sesuai digunakan,sebab komik menampilkan gambar-gambar berwarna dan alur cerita yang menarik untuk mencapai tujuan pemahaman pembelajaran yang dimaksud.Media Komik online Learning layak digunakan dengan pembelajaran pada muatan matematika (Darmadi, 2021). Selanjutnya juga dapat diselipkan nilai-nilai moral selain dari pada pelajaran yang di berikan.Sedemikian sehingga diperoleh nilai karakter, sikap yang terpuji

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dan pesan yang ada didalamnya menjadikan siswa berperilaku baik. Media komik pembelajaran matematika yang akan dikerjakan memiliki aturan tertentu agar siswa mudah memahami matematika. Komik tersebut akan disusun dengan bahasa yang komunikatif dan mengandung nilai-nilai kebangsaan bagi siswa yang masih usia dini. Sehingga diharapkan dapat menambah pengetahuan pengalaman hidup siswa seperti adat istiadat, agama dan kebudayaan.

Oleh karena itu, sangat tepat jika seorang pendidik melakukan pengembangan komik menjadi media pembelajaran. Komik juga dapat digunakan sebagai salah satu media pembelajaran yang baik untuk dapat diperhatikan peserta didik, karena mempunyai kelebihan dibandingkan dengan media grafis lainnya, yaitu selain media komik dapat memanfaatkan suatu alur cerita bergambar, menarik dan sebagai kunci utamanya mengandung unsur-unsur humor yang tinggi, karena media komik dapat dibaca kembali ketika peserta didik ingin mengulangi memahami materi yang tertuang di dalam media komik tersebut.

Umumnya siswa menyukai sesuatu yang berbentuk visual dalam bentuk gambar kartun sehingga dapat membuat siswa antusias dan memiliki pemahaman yang lebih baik dalam belajar. Melalui penggunaan komik dalam kegiatan belajar ada harapan agar siswa memiliki nilai-nilai positif dalam dirinya seperti religius, disiplin, jujur, toleransi, demokratis dan cinta tanai air. Maka dalam hal ini ada peran media komik untuk menumbuhkan rrasa cinta tanah air dalam alur cerita yang akan di kembangkan.

Melalui penggunaan media komik akan dibuat cerita yang memiliki tujuan yang juga mengandung nilai-nilai kebangsaan ataupun cinta tanah air. Sedemikian sehinnga nilai karakter yang menurun dapat dibangkitkan kembali dalam dunia pendidikan kita.

Dalam penelitian ini peneliti inin mengetahui bagaimana peran media komik yang terkandung didalamnya cerita anak dimana komik yang dimaksud adalah modifikasi pengembangan dari materi matematika yang di susun menjadi sebuah komik matematika. Media dapat dimanfaatkan dalam pembelajaran matematika dengan alur cerita anak yang dikaitkan dengan budaya lokal daerah Kabupaten Tapanuli Selatan sebagai penguatan karakternya. Belum banyak komik dimanfaatkan sebagai media belajar, terutama tentang budaya lokal Kabupaten Tapanuli Selatan, sementara komik banyak disukai oleh anak- anak.Berdasarkan hal tersebut dapat dikembangkan komik berbasis budaya lokal sebagai media belajar.Tujuan penelitian dan pengembangan ini untuk menghasilkan media komik berbasis budaya lokal.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur. Dengan menggunakan teknik pengumpulan data berupa pengumpulan beberapa referensi dari penelitian terdahulu yang selanjutnya dianalisis agar dapat ditarik kesimpulan. Studi literatur atau pustaka adalah sebagai kaitan dari kajian teoritis dan referensi terkait lainnya mengenai budaya, nilai dan norma yang sedang akan dikembangkan pada situasi sosial yang sedang di teliti (Sugiyono, 2019). Untuk pengumpulan data menggunakan analisis dan literasi dari artikel jurnal terdahulu. Data yang ditampilkan dan diambil berua artikel jurnal yang telah terbit terlebih dahulu seperti jurnal, artikel, buku dan sumber lainnya. Sehingga dapat dilihta validitas dari penelitian yang terdahulu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komik sebagai media pembelajaran telah terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap berbagai konsep, termasuk dalam pelajaran matematika(Maulidia & Lestari, 2024).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Penggunaan komik yang menggabungkan teks dan gambar memiliki keunggulan dalam mempermudah siswa untuk memahami materi yang dianggap sulit, seperti konsep-konsep matematika yang bersifat abstrak(Andriyani, 2022). Dalam konteks pembelajaran matematika di SD, penggunaan media komik berbasis budaya lokal Tapanuli Selatan memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas pembelajaran yang menyenangkan dan relevan dengan kehidupan siswa.Pertama, komik memiliki daya tarik yang dapat mengubah perspektif siswa terhadap mata pelajaran matematika. Menurut penelitian komik dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran karena unsur visual yang menarik dan cerita yang mudah diikuti(Nurlina et al., 2024). Hal ini juga berlaku dalam pembelajaran matematika, di mana komik dapat menggabungkan soal-soal matematika dengan cerita yang menggugah minat siswa, sehingga materi matematika menjadi lebih menarik dan tidak terkesan membosankan(HARWIL, 2024).

Di sisi lain, pengintegrasian budaya lokal dalam media komik juga memberikan nilai tambah yang signifikan. Komik yang mengangkat budaya lokal Tapanuli Selatan, seperti cerita rakyat, simbol-simbol budaya, dan tokoh-tokoh lokal, tidak hanya mengaitkan pembelajaran matematika dengan kehidupan sehari-hari siswa, tetapi juga memperkuat identitas budaya mereka. Penggunaan budaya lokal dalam pendidikan dapat memperkaya pengalaman belajar siswa dan memperkuat rasa kebanggaan terhadap budaya mereka sendiri(Nur et al., 2023). Dalam hal ini, komik berbasis budaya lokal Tapanuli Selatan dapat membuat siswa merasa lebih terhubung dengan materi pelajaran, karena mereka melihat nilai budaya mereka tercermin dalam proses belajar matematika.

Komik berbasis budaya lokal juga dapat membantu menjembatani kesenjangan antara konsep-konsep matematika yang abstrak dengan kenyataan yang ada di sekitar siswa. Misalnya, dalam pembelajaran geometri, komik dapat menggambarkan bentuk-bentuk bangun datar yang dapat ditemukan pada motif kain ulos atau arsitektur tradisional Tapanuli Selatan. Dengan demikian, siswa dapat lebih mudah memahami dan mengingat konsep geometri karena mereka dapat langsung mengaitkan bentuk-bentuk tersebut dengan objek yang mereka kenal dan hargai dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran matematika tidak hanya terbatas pada teori dan rumus, tetapi juga dapat dihadirkan melalui media yang dekat dengan pengalaman siswa. Selain itu perlu dikembangkan media pembelajaran kartun yang memasukkan kearifan lokal untuk memenuhi kebutuhan dan mengembangkan karakter siswa di sekolah(Fauza et al., 2023).

Selain itu, penggunaan komik berbasis budaya lokal juga dapat memfasilitasi pembelajaran yang lebih konstruktif, sesuai dengan prinsip-prinsip teori konstruktivisme yang dikemukakan oleh Piaget.. Teori konstruktivisme menyatakan bahwa pembelajaran yang efektif terjadi ketika siswa dapat mengaitkan pengetahuan baru dengan pengalaman yang sudah dimiliki sebelumnya. Dengan menggunakan elemen-elemen budaya lokal dalam komik, siswa dapat mengaitkan pembelajaran matematika dengan pengalaman dan konteks budaya mereka, yang membuat materi menjadi lebih bermakna dan mudah dipahami.Dalam konteks pembelajaran matematika di SD, komik berbasis budaya lokal juga dapat menjadi alat yang efektif dalam membantu siswa mengatasi kesulitan dalam memahami konsep-konsep matematika yang abstrak. Sebagai contoh, dalam pembelajaran tentang sudut atau bangun datar, komik dapat menyajikan cerita tentang kegiatan sehari-hari yang melibatkan pengukuran, seperti menghitung panjang atau luas tanah pertanian yang banyak ditemukan di Tapanuli Selatan. Cerita-cerita seperti ini akan membuat konsep matematika yang diajarkan terasa lebih nyata dan bermanfaat bagi siswa.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Selain itu, komik berbasis budaya lokal juga dapat berfungsi sebagai media yang memperkuat nilai-nilai budaya dalam pendidikan. Siswa tidak hanya mempelajari konsep-konsep matematika, tetapi juga diajak untuk lebih mengenal dan mencintai budaya lokal mereka. Hal ini sejalan dengan tujuan pendidikan yang tidak hanya berfokus pada penguasaan materi, tetapi juga pada pembentukan karakter dan identitas budaya siswa.Dengan demikian, penggunaan komik berbasis budaya lokal Tapanuli Selatan dalam pembelajaran matematika di SD tidak hanya efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep-konsep matematika, tetapi juga memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik, relevan, dan bermakna. Pembelajaran matematika yang dipadukan dengan budaya lokal tidak hanya mampu meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa, tetapi juga memperkuat rasa kebanggaan mereka terhadap budaya sendiri. Oleh karena itu, pengembangan komik berbasis budaya lokal Tapanuli Selatan dapat menjadi alternatif yang sangat baik dalam upaya meningkatkan kualitas pembelajaran matematika di SD, yang tidak hanya fokus pada aspek kognitif, tetapi juga pada aspek afektif dan budaya.

Penggunaan media komik berbasis budaya lokal dalam pembelajaran matematika di SD memiliki potensi yang sangat besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran, terutama dalam memahami konsep-konsep matematika yang sering dianggap sulit oleh siswa. Komik yang menggabungkan elemen-elemen visual dengan cerita yang mengandung nilai budaya lokal dapat membuat pembelajaran matematika menjadi lebih menarik dan relevan dengan kehidupan sehari-hari siswa. Dengan menggunakan komik berbasis budaya lokal Tapanuli Selatan, siswa dapat lebih mudah mengaitkan materi pelajaran matematika dengan pengalaman mereka, sehingga pembelajaran menjadi lebih menyenangkan dan efektif.Komik sebagai media pembelajaran memiliki keuntungan dalam memperkenalkan konsep-konsep matematika dengan cara yang lebih konkret dan mudah dipahami.

Konsep matematika yang abstrak dan rumit seringkali sulit dipahami oleh siswa, terutama pada jenjang SD, yang masih berada pada tahap awal memahami konsep-konsep matematika dasar. Komik berbasis budaya lokal mampu memvisualisasikan konsep-konsep ini dalam bentuk yang lebih sederhana dan menarik, dengan memanfaatkan gambar dan cerita yang mudah dipahami oleh siswa. Dalam hal ini, komik dapat menjadi jembatan yang menghubungkan teori matematika dengan aplikasi nyata yang ada di sekitar siswa.Salah satu keunggulan utama dari komik berbasis budaya lokal adalah kemampuannya untuk menciptakan hubungan yang lebih kuat antara siswa dan materi pelajaran. Dengan mengangkat elemen-elemen budaya lokal seperti cerita rakyat, tradisi, atau simbol-simbol budaya, komik dapat membantu siswa merasa lebih terhubung dengan materi yang diajarkan. Sebagai contoh, dalam pembelajaran mengenai geometri atau bentuk-bentuk bangun datar, komik yang menggambarkan pola-pola pada kain ulos atau bangunan tradisional Tapanuli Selatan dapat membantu siswa mengenali dan mengingat konsep-konsep tersebut dengan lebih mudah. Dengan demikian, komik tidak hanya menyampaikan materi matematika, tetapi juga memperkenalkan siswa pada kekayaan budaya lokal mereka.

Penggunaan komik dalam pembelajaran matematika juga dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam proses belajar. Siswa seringkali merasa matematika adalah mata pelajaran yang sulit dan membosankan, sehingga mereka kurang termotivasi untuk belajar. Dengan menggunakan komik berbasis budaya lokal, pembelajaran matematika dapat disajikan dengan cara yang lebih menyenankan dan menarik. Cerita yang menggugah minat siswa, ditambah dengan ilustrasi yang menarik, dapat membuat siswa lebih antusias untuk belajar dan lebih aktif dalam berpartisipasi. Dalam hal ini, komik bertindak sebagai alat yang tidak hanya menyampaikan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

informasi, tetapi juga membangkitkan minat dan semangat siswa untuk belajar.Selain meningkatkan motivasi, komik berbasis budaya lokal juga dapat membantu siswa untuk lebih memahami konsep-konsep matematika melalui penerapan dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya, dalam pembelajaran mengenai pengukuran panjang atau luas, komik dapat menggambarkan situasi yang melibatkan perhitungan dalam konteks kehidupan yang familiar bagi siswa, seperti pengukuran tanah pertanian atau pembagian hasil panen. Dengan mengaitkan matematika dengan pengalaman sehari-hari, siswa tidak hanya memahami teori matematika, tetapi juga melihat bagaimana konsep-konsep tersebut diterapkan dalam kehidupan nyata.

Komik berbasis budaya lokal juga memiliki potensi untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa. Dalam cerita yang disajikan dalam komik, siswa sering kali dihadapkan dengan situasi yang memerlukan pemecahan masalah atau penerapan prinsip-prinsip matematika untuk menemukan solusi. Proses ini mendorong siswa untuk berpikir lebih mendalam dan kreatif, sehingga mereka tidak hanya menghafal rumus atau prosedur, tetapi juga belajar bagaimana cara menggunakan matematika untuk memecahkan masalah yang ada dalam kehidupan mereka. Keterampilan berpikir kritis dan kreatif ini sangat penting untuk mengembangkan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah di masa depan.

Selain itu, komik berbasis budaya lokal juga dapat memperkaya pengalaman belajar siswa dengan memberikan wawasan tentang budaya mereka sendiri. Penggunaan cerita rakyat atau tokoh-tokoh lokal dalam komik tidak hanya mengajarkan matematika, tetapi juga memperkenalkan siswa pada sejarah dan budaya mereka. Hal ini dapat meningkatkan rasa kebanggaan dan kesadaran budaya siswa, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kepercayaan diri mereka. Sebagai contoh, komik yang mengangkat cerita rakyat dari Tapanuli Selatan dapat memperkenalkan siswa pada nilai-nilai budaya lokal, seperti gotong royong, kerja keras, dan kejujuran, yang dapat diintegrasikan dalam proses pembelajaran matematika.

Komik digital berbasis budaya lokal juga membuka peluang untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan fleksibel. Dengan perkembangan teknologi, komik tidak hanya dapat disajikan dalam bentuk cetak, tetapi juga dalam bentuk digital yang lebih menarik dan mudah diakses. Komik digital dapat dilengkapi dengan animasi, suara, atau elemen interaktif lainnya yang dapat membuat pembelajaran matematika menjadi lebih hidup dan menyenankan. Siswa dapat berinteraksi langsung dengan komik, seperti mengklik gambar untuk melihat penjelasan lebih lanjut atau menyelesaikan soal-soal matematika secara interaktif. Ini memberikan pengalaman belajar yang lebih dinamis dan memungkinkan siswa untuk belajar dengan cara yang lebih aktif.

Penggunaan komik berbasis budaya lokal dalam pembelajaran matematika di SD juga dapat memperkuat konsep-konsep matematika dengan cara yang lebih menyenankan dan relevan dengan konteks siswa. Siswa yang belajar dengan menggunakan komik berbasis budaya lokal cenderung lebih mudah memahami dan mengingat materi yang diajarkan karena mereka melihat hubungan antara matematika dan dunia sekitar mereka. Selain itu, dengan mengintegrasikan budaya lokal dalam komik, siswa dapat merasakan bahwa pembelajaran matematika tidak hanya tentang angka dan rumus, tetapi juga tentang nilai-nilai dan pengalaman yang mereka jalani dalam kehidupan sehari-hari.Dalam konteks ini, komik berbasis budaya lokal dapat menjadi sarana yang efektif untuk mengatasi tantangan yang dihadapi dalam pembelajaran matematika. Pembelajaran matematika yang seringkali dianggap sulit dapat disajikan dengan cara yang lebih menarik dan relevan dengan kehidupan siswa. Komik tidak hanya menyampaikan konsep-konsep matematika secara visual, tetapi juga membangun hubungan yang kuat antara siswa dan materi yang diajarkan. Hal ini akan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi matematika dan membantu mereka mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif yang diperlukan untuk memecahkan masalah matematika.

Penggunaan komik berbasis budaya lokal juga mendukung pendekatan pembelajaran konstruktivis, di mana siswa membangun pengetahuan baru berdasarkan pengalaman mereka. Dengan mengaitkan pembelajaran matematika dengan budaya lokal yang sudah dikenal siswa, komik membantu siswa untuk mengaitkan pengetahuan baru dengan pengalaman mereka sebelumnya, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna. Teori konstruktivisme yang dikembangkan oleh Piaget (1972) menyatakan bahwa pembelajaran yang efektif terjadi ketika siswa dapat menghubungkan pengetahuan baru dengan pengalaman yang sudah mereka miliki. Dalam hal ini, komik berbasis budaya lokal Tapanuli Selatan membantu menciptakan pengalaman belajar yang lebih relevan dan mudah dipahami oleh siswa.Sebagai kesimpulan, penggunaan komik berbasis budaya lokal Tapanuli Selatan dalam pembelajaran matematika di SD memiliki banyak manfaat. Komik tidak hanya meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa, tetapi juga membantu memperkuat pemahaman mereka terhadap konsep-konsep matematika melalui visualisasi yang lebih konkret dan relevan dengan kehidupan sehari-hari. Selain itu, komik berbasis budaya lokal juga dapat memperkenalkan siswa pada nilai-nilai budaya mereka sendiri, meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif, serta menciptakan pengalaman belajar yang lebih menyenankan dan interaktif. Oleh karena itu, pengembangan komik berbasis budaya lokal Tapanuli Selatan dalam pembelajaran matematika dapat menjadi alternatif yang sangat efektif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran matematika di SD.

Penggunaan komik berbasis budaya lokal Tapanuli Selatan dalam pembelajaran matematika di SD juga dapat memperkenalkan siswa pada konteks budaya yang lebih luas, di luar hanya pengenalan nilai budaya dalam cerita rakyat. Dalam komik yang menggunakan latar budaya lokal, siswa tidak hanya belajar tentang teknik matematika, tetapi juga mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang hubungan antara ilmu pengetahuan dan budaya mereka. Misalnya, dalam mempelajari konsep bilangan, siswa dapat diperkenalkan pada sistem angka yang digunakan dalam tradisi setempat, seperti sistem penghitungan tradisional dalam budaya Tapanuli Selatan, yang dapat menambah wawasan dan memperkaya pembelajaran.Selain itu, media komik yang berbasis budaya lokal ini juga dapat membantu siswa memahami konsep-konsep matematika dalam konteks yang lebih aplikatif. Misalnya, komik dapat menyajikan cerita yang mengandung penghitungan luas, volume, atau perbandingan, dengan menggunakan contoh objek-objek yang familiar bagi siswa, seperti sawah, ladang, atau bangunan adat. Penggunaan objek sehari-hari yang dikenal oleh siswa dapat membuat pembelajaran matematika terasa lebih nyata dan langsung berguna dalam kehidupan mereka, serta membantu mereka melihat bagaimana konsep-konsep matematika diterapkan dalam konteks nyata.

Komik berbasis budaya lokal juga memperkaya aspek sosial dalam pembelajaran. Dalam cerita komik, seringkali terdapat karakter yang bekerja sama dalam menyelesaikan masalah atau tantangan. Konsep kerjasama ini sejalan dengan nilai-nilai gotong royong yang kental dalam budaya Tapanuli Selatan. Pembelajaran matematika dengan menggunakan komik yang menggambarkan karakter-karakter yang saling membantu dapat menanamkan nilai kerjasama dan pentingnya bekerja dalam tim, sehingga siswa tidak hanya belajar matematika secara individu, tetapi juga memperoleh keterampilan sosial yang penting.Melalui media komik, siswa juga dapat dipacu untuk lebih kreatif dalam berpikir dan mengekspresikan ide-ide matematika mereka. Komik

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

memberikan ruang bagi siswa untuk menggambarkan solusi matematika melalui gambar, simbol, dan kata-kata, yang memungkinkan mereka mengekspresikan pemahaman mereka dengan cara yang berbeda dari pembelajaran tradisional. Pendekatan ini dapat mendukung perkembangan keterampilan komunikasi siswa, yang sangat diperlukan dalam memecahkan masalah matematika. Siswa yang terbiasa mengekspresikan ide melalui media visual cenderung lebih mudah memahami dan mengingat konsep-konsep matematika yang diajarkan.

Penggunaan komik juga memberikan kesempatan bagi siswa untuk lebih terlibat dalam pembelajaran yang bersifat multidisipliner. Dalam komik berbasis budaya lokal, selain matematika, siswa juga diajak untuk mengapresiasi seni, sastra, dan sejarah budaya mereka. Hal ini memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih holistik, di mana siswa tidak hanya fokus pada aspek matematika semata, tetapi juga mengembangkan pemahaman yang lebih luas tentang berbagai aspek kehidupan, baik itu aspek budaya, seni, atau sejarah. Dengan demikian, komik berbasis budaya lokal tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu dalam pembelajaran matematika, tetapi juga sebagai sarana untuk membangun wawasan siswa terhadap dunia sekitar mereka.Salah satu aspek menarik dari penggunaan komik berbasis budaya lokal adalah kemampuannya dalam mengatasi masalah keterbatasan sumber daya yang seringkali dihadapi oleh sekolah-sekolah di daerah terpencil. Di Tapanuli Selatan, misalnya, keterbatasan akses terhadap materi pembelajaran yang modern dan berbasis teknologi dapat diatasi dengan menggunakan komik sebagai media pembelajaran yang murah dan mudah diakses. Komik yang dapat diproduksi secara sederhana dan disesuaikan dengan kondisi lokal menawarkan solusi bagi sekolah-sekolah yang tidak memiliki banyak sumber daya untuk menyediakan materi ajar yang mahal atau berbasis teknologi tinggi.

Dengan memanfaatkan komik berbasis budaya lokal, pembelajaran matematika di SD dapat menjadi lebih merata dan inklusif, memungkinkan semua siswa, termasuk mereka yang berada di daerah terpencil, untuk merasakan manfaat pembelajaran yang efektif dan menyenankan. Komik ini dapat diproduksi dalam berbagai bentuk, mulai dari format cetak sederhana hingga format digital yang lebih canggih, memungkinkan fleksibilitas dalam penggunaannya sesuai dengan kondisi dan kebutuhan sekolah.Pentingnya pelatihan bagi guru juga tidak bisa diabaikan dalam penerapan komik berbasis budaya lokal ini. Guru harus diberikan pelatihan yang memadai untuk memahami cara mengintegrasikan komik dalam pembelajaran matematika, serta bagaimana memanfaatkan aspek budaya lokal secara efektif dalam konteks tersebut. Pelatihan ini harus mencakup cara memilih cerita atau simbol budaya yang relevan dan menghubungkannya dengan konsep-konsep matematika yang akan diajarkan. Selain itu, guru juga harus dilatih untuk menciptakan suasana pembelajaran yang interaktif, di mana siswa dapat aktif terlibat dalam proses pembelajaran dan mengembangkan keterampilan berpikir kritis.

Melalui pendekatan ini, pembelajaran matematika tidak hanya akan menjadi lebih menyenangkan, tetapi juga lebih efektif dalam mengatasi tantangan-tantangan yang dihadapi dalam mengajar matematika kepada siswa SD. Komik berbasis budaya lokal Tapanuli Selatan dapat menjadi alat yang sangat berharga dalam mempermudah siswa memahami konsep-konsep matematika yang kompleks, sekaligus memperkenalkan mereka pada nilai-nilai budaya yang memperkaya pengalaman belajar mereka.Pada akhirnya, komik berbasis budaya lokal Tapanuli Selatan ini bisa menjadi solusi alternatif yang inovatif dan efektif dalam meningkatkan kualitas pendidikan matematika di SD, memperkaya proses pembelajaran dengan elemen budaya yang mendalam, dan meningkatkan keterlibatan serta motivasi siswa. Kombinasi antara visualisasi konsep matematika dengan konteks budaya lokal akan menghasilkan pengalaman pembelajaran

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

yang tidak hanya mendalam secara akademik, tetapi juga memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan karakter dan identitas budaya siswa.

KESIMPULAN

Sebagai mata pelajaran yang sering dianggap menjadi beban bagi siswa, adanya penggunaan media dalam kegiatan belajar mengajar disekolah khususnya mata pelajaran matematika telah mengakibatkan situasi yang baik dan positif terhadap semangat belajar siswa. Dampak media menjadikan siswa memiliki kesan yang positif dan lebih antusias dalam belajar dikelas, timbulnya kreativitas sehingga prestasi belajar meningkat dan belajar menjadi lebih menyenangkan. Selain memberikan bantuan untuk memudahkan guru dalam menyampaikan materi pelajaran juga berimbas kepada siswa yang belajarnya terasa lebih mnyenangkan dan mudah mengerti akan materi yang diberikan oleh guru.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada rekan-rekan kuliah Program Doktor (S3) Kelas B Pendidikan Matematika Universitas Negeri Medan yang sudah memberikan masukan dan sarannya.

DAFTAR PUSTAKA

Ahdar, A., & Wardana, W. (2019). *Belajar dan pembelajaran: 4 pilar peningkatan kompetensi pedagogis*. CV. Kaaffah Learning Center.

Andriyani, J. S. (2022). *Pengembangan Bahan Ajar Matematika E-Komik Dalam Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Pada Materi Himpunan Kelas Vii SMP*. UIN Fatmawati Sukarno Bengkulu.

Darmadi, I. W. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Komik Eksperimen Fisika Berbasis Kearifan Lokal Untuk Sekolah Menengah Pertama. *JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online)*, *9*(3), 84–88.

Fauza, M. R., Baiduri, B., Inganah, S., Sugianto, R., & Darmayanti, R. (2023). Urgensi Kebutuhan Komik: Desain Pengembangan Media Matematika Berwawasan Kearifan Lokal di Medan. *Delta-Phi: Jurnal Pendidikan Matematika*, *1*(2), 130–146.

HARWIL, A. (2024). *PENGEMBANGAN E-COMIC PADA MATERI PERBANDINGAN UNTUK MEMFASILITASI KEMAMPUAN PEMAHAMAN KONSEP MATEMATIS SISWA SMP*. UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU.

Lubis, A. M. (2020). PENGARUH MEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF PIVOT OFF LINE TERHADAP MINAT BELAJAR SISWA DI SMA NEGERI 1 PINANGSORI. *EKSAKTA: Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran MIPA*, *5*(2), 191–195.

Maulidia, N., & Lestari, A. S. B. (2024). Study Literatur: Hasil Belajar pada Penggunaan Media Pembelajaran Komik Matematika. *Ar-Riyadhiyyat: Journal of Mathematics Education*, *4*(2), 70–80.

Nur, R. J., Wildan, D., & Komariah, S. (2023). Kekuatan Budaya Lokal: Menjelajahi 3S (Sipakatau, Sipakalebbi, Dan Sipakainge') Sebagai Simbol Kearifan Lokal. *MIMESIS*, *4*(2), 166–179.

Nurlina, N., Maharani, S. D., & Barus, J. (2024). Rancangan Pengembangan Media Komik Berbasis Budaya Lahat dengan Menggunakan Aplikasi Canva untuk Pembelajaran di Kelas II Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)*, *4*(4), 1353–1363.

Rohani, R. (2020). *Media pembelajaran*.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Rohmanurmeta, F. M., & Dewi, C. (2019). Implementasi Komik digital pelestarian lingkungan berbasis nilai karakter. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian LPPM Universitas PGRI Madiun*, 500–505.

Sari, I. K. W. (2020). Analisis kemampuan kognitif dalam pembelajaran IPA SMP. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sains Indonesia (JPPSI)*, *3*(2), 145–152.

Schramm, W. (1977). *Big media little media: Tools and technologies for instruction*. Sage Publications,.

Sugiyono, P. D. (2019). Metode Penelitian Pendidikan (Kuantitatif, Kualitatif, Kombinasi, R&d dan Penelitian Pendidikan). *Metode Penelitian Pendidikan*, *67*.

Wisudawati, A. W., & Sulistyowati, E. (2022). *Metodologi pembelajaran IPA*. Bumi Aksara.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengembangan LKPD untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Pembelajaran Kooperatif Tipe *Snowball Throwing* di Kelas VIII SMP

Siti Alif Al Zuhrah
Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
Coresponding Author:sitialifalzuhrah@gmail.com

Abstrak, penelitian ini bertujuan mengembangkan LKPD berbasis model pembelajaran kooperatif tipe snowball throwing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Penelitian menggunakan model pengembangan 4D (Define, Design, Develop, Disseminate) hingga tahap Develop, dengan subjek peserta didik kelas VIII KHD di SMPS An-Nizam Medan. Instrumen penelitian meliputi lembar validasi, angket kepraktisan, tes kemampuan berpikir kritis, dan angket respon peserta didik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) LKPD sangat valid dengan skor rata-rata 3,6; (2) praktis dengan skor rata-rata kepraktisan 3,31; (3) efektif, ditunjukkan oleh 86,4% peserta didik mencapai ketuntasan klasikal dan respon sangat positif terhadap pembelajaran. Kemampuan berpikir kritis meningkat sebesar 56,36% dengan N-gain 0,73, tergolong tinggi.
Kata kunci: Kemampuan Berpikir Kritis, LKPD, Snowball Throwing

Abstract, this study aims to develop a student worksheet (LKPD) based on the cooperative learning model of the snowball throwing type to enhance students' critical thinking skills. The research employed the 4D development model (Define, Design, Develop, Disseminate), limited to the Develop stage, with the research subjects being eighth-grade students of KHD class at SMPS An-Nizam Medan. Research instruments included validation sheets, practicality questionnaires, critical thinking tests, and student response questionnaires. The results showed that: (1) the developed LKPD was categorized as highly valid with an average validation score of 3.6; (2) it was considered practical, with an average practicality score of 3.31 from teachers and students; and (3) it was effective, as evidenced by 86.4% of students achieving classical mastery and showing very positive responses toward the learning process. Students' critical thinking skills improved by 56.36%, with an N-gain of 0.73, indicating a high level of improvement.
Keywords*: Critical Thinking Ability, LKPD, Snowball Throwing*

Citation : Zuhrah, S. A. (2024). Pengembangan LKPD untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Pembelajaran Kooperatif Tipe Snowball Throwing di Kelas VIII SMP. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 823 – 830

PENDAHULUAN

Proses pengembangan potensi peserta didik baik dari segi *self regulation,* nilai religius, jati diri dan intelektual serta adab maka perlu suasana belajar yang dilakukan secara sadar sebagai usaha mewujudkannya adalah definisi pendidikan (Helmawati, 2019). Beberapa hal perlu dipersiapkan dalam bidang pendidikan yaitu, membentuk daya saing anak di dunia kerja, membentuk anak sebagai *problem solver,* dan membentuk anak yang mampu memahami serta memanfaatkan perkembangan teknologi (Yusnina, *et al.,* 2020). Matematika menjadi salah satu jabang ilmu yang bisa menjadi jawaban untuk membentuk peserta didik dengan daya saing dan kemampuan *problem solving* untuk dapat bersaing di dunia kerja. Sebagai ilmu yang bersifat menyeluruh maka matematika menjadi dasar pengembangan serta memajukan daya pikir dan analisa manusia (Ramadani, 2019). Adapun tujuan pembelajaran matematika menurut Suhartini dan Maryanti (2017) yaitu mempersiapkan peserta didik menghadapi problematika kehidupan secara nyata, kritis, efektif, cermat, berintegritas serta efisien.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Salah satu kemampuan berpikir matematis yang memenuhi tujuan pembelajaran matematika ialah diperlukannya kemampuan berpikir kritis (Anggraini, *et.al,* 2022).

Berpikir kritis didefinisikan sebagai proses berpikir secara logis yang dapat digunakan untuk mengambil sebuah keputusan yang *logic*. Proses pembelajaran abad 21 memiliki kerangka kemampuan yang harus dipenuhi salah satunya adalah berpikir kritis yang ditujukan agar peserta didik mampu berhasil di kehidupan sosial dan jenjang (BSNP dalam Wijaya *et al*., 2016). Kemampuan berpikir kritis menjadi sangat diperlukan karena dengan kemampuan berpikir kritis peserta didik dapat melakukan sisntesa data, menghubungkan antara satu dan lainnya serta mampu mengevalusi dan memecahkan masalah, yang merupakan bagian dari pembelajaran dan aplikasinya (Damayanti, Ambarita, & Nurhanurawati, 2022). Selain membantu memecahkan masalah dan mengambil keputusan, berpikir kritis juga bermanfaat untuk mempertimbangkan dan mengambil tindakan moral (Widiasworo, 2023). Cairan kecerdasan manusia akan meningkat seiring dengan meningkatnya keterampilan berpikir manusia yang akan berdampak pula pada meningkatnya kemmampuan pemecahan masalah serta kemampuan berpikir secara lebih dalam (Helmawati, 2019). Eksistensi manusia akan tetap eksisi ketika ia memiliki kemampuan berpikir kritis dilingkungannya (Prihartini *et al.*,2015).

Faktanya kemampuan berpikir kritis peserta didik masih ada pada tingkatan rendah. Hal ini ditunjukkan dari hasil penelitian sebelumnya pada siswa SMK dengan hasil yang didapatkan menunjukkan sebanyak 52,77% pada tahap interpretasi (memahami masalah), sebanyak 41,66% peserta didik pada tahap menganalisis (menidentifikasi hubungan), sebanyaj 30,55% peserta didik pada tahap mampu mengevalusi dan sebanyak 19,44% peserta didik mampu menarik kesimpulan (menginferensi). Sehingga disimpulkan rata rata peserta didik tidak mampu menyelesaikan masalah (Pertiwi, 2018). Sejalan dengan ini, hasil penelitian sebelumnya oleh Kurniawati, Suastika, dan Sesanti (2018) tentang kemampuan berpikir kritis pada materi aljabar kelas VIII di SMP Islam Hasanuddin juga menunjukkan rendahnya kemampuan berpikir kritis peserta didik ditunjukkan dengan sebanyak 50% peserta didik pada tahap evaluasi belum mampu menyelesaikan permasalahan serta belum mampu membuat kesimpulan dari permasalahan yang disajikan. Beberapa hasil penelitian tersebut diperkuat pula dengan fakta lapangan yang ditemukan dari hasil observasi di SMPS An – Nizam Medan.

Hasil yang didapat di lapangan ketika peneliti mengamati kegiatan belajar mengajar dikelas, cenderung menunjukkan suasana yang kurang aktif dalam membentuk peserta didik yang memiliki kemampuan berpikir kritis. Adapun hal ini dikarenakan pada proses belajar mengajar dengan memberikan contoh soal dan mengerjakan soal latihan. Sejalan dengan pendapat Setiadi (2023) peserta didik akan kurang terstimulus untuk dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritisnya jika proses pembelajarannya hanya mengandalkan guru yang menjelaskan dipaapn tulis kemudian memberikan contoh soal. Tak hanya itu, pada saat observasi di sekoah dilakukan tanya jawab dengan beberapa guru bidang studi matematika di SMPS An – Nizam Medan, jika ditinjau dari segi penggunaan perangkat pembelajaran oleh guru, didapatkan bahwa : 1) aktivitas pembelajaran belum terkemas dengan menarik, 2) pembelajaran yang dilakukan oleh guru monoton terfokus pada guru saja.

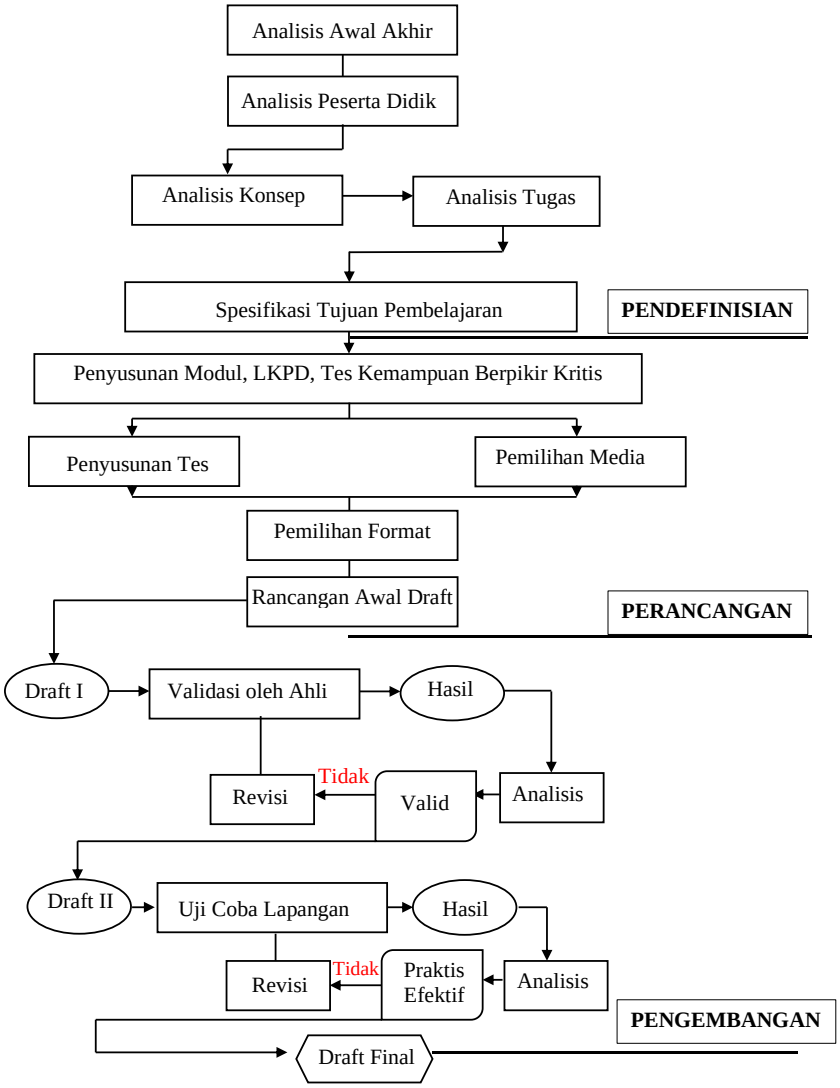
Adapun penyebab kemampuan berpikir kritis dan pencapaian belajar peserta didik lemah meliputi banyak faktor, kurangnya metode serta tidak optimalnya proses pembelajaran di kelas menjadi salah satu penyebabnya (Wulandari, 2023). Adanya interaksi belajar mengajar yang ditandai dengan terlibatnya seorang guru sebagai pendidik dan peserta didik merupakan penerapaan dari

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

terselenggaranya pendidikan di sekolah (Dianto, 2020). Pembelajaran matematika dalam proses pembelajarannya hendaknya dapat memfasilitasi peserta didik untuk mengembangkan kemampuan peserta didik (Nuryanti, L., Siti, Z., & Markus, D. 2018). Oleh sebab itu dalam proses belajar mengajar perlu adanya suatu pengembangan, terutama proses belajar mengajar mata pelajaran matematika sebagai upaya membentuk pesserta didik yang memiliki kemampuan berpikir kritis. Berdasarkan paparan diatas serta adanya keterkaitan dengan permasalahan tersebut, maka peneliti melakukan penelitian yang berjudul "Pengembangan LKPD untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Pada Pembelajaran Kooperatif Tipe *Snowball Throwing* di Kelas VIII SMP".

METODE PENELITIAN

Research & Development (R & D) merupakan metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini dengan model pengembangan Thiagarajan, Semmel & Semmel yaitu 4D *(Define, Design, Develop, Disseminate* yang pada dibatasi sampai pada tahap *develop*. Penelitian ini beorientasi pada pengembangan produk berupa LKPD untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada pembelajaran kooperatif tipe *Snowball Throwing*. Tahap – tahap pengembangan dengan model pengembangan 4D dapat *direpresentasikan* pada gambar dibawah.



Gambar 1. Tahapan Pengembangan Model 4*D*

Pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi, wawancara, angket dan tes. Observasi dan wawancara dilakukan untuk mengumpulkan data analisis awal peserta didik pada tahap *define*. Sedangkan angket digunakan untuk mengumpulkan data validitas dan praktikalitas, serta instrumen tes untuk mengukur keefektifan dan peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Subjek uji coba dalam penelitian ini ialah peserta didik kelas VIII KHD SMPS An – Nizam Medan. Analisis data dilakukan dengan cara menganalisis data validitas, praktikalitas, dan efektifitas menggunakan skala likert dengan kategori dan skala; sangat setuju (4); Setuju (3); Kurang Setuju (2); dan Tidak Setuju (1).

Untuk mendapatkan nilai validitas dari total pengisian instrumen dilakukan perhitungan rata rata skor dari masing masing ahli menggunakan persamaan (1) dengan $\bar{x} =$ Rata – rata skor; $x_i =$ Skor pada butir pernyataan ke – I; $n =$ Jumlah validator; $k =$ Jumlah butir pernyataan. Kemudian skor rata rata dapat dikonversi menjadi nilai kualitatif sesuai kriteria kevalidan instrumen dikategorikan sangat valid jika skor rata-ratanya lebih dari 3,25 hingga 4,00; valid jika lebih dari 2,50 hingga 3,25; kurang valid jika lebih dari 1,75 hingga 2,50; dan tidak valid jika berada pada rentang lebih dari 1,00 hingga 1,75.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n\ x\ k} \tag{1}$$

Kemudian untuk analisis kepraktisan menggunakan persamaan (2) dengan $x_i = \frac{jumlah\ skor}{skor\ maksimal}$x4 dan $\bar{x} =$ rata rata akhir; $x_i =$ nilai uji operasional angket peserta didik/guru; $n =$ banyaknya peserta didik/guru yang mengisi angket. Skor rata rata yang telah dihitung kemudian dikonversi kelayakannya menjadi nilai kualitatif berdasarkan pedoman atau kriteria kepraktisan LKPD dikategorikan sangat praktis jika skor rata-rata lebih dari 3,26 hingga 4,00; praktis jika lebih dari 2,51 hingga 3,26; kurang praktis jika lebih dari 1,76 hingga 2,51; dan sangat kurang praktis jika berada pada rentang lebih dari 1,00 hingga 1,76 (Maskyur, 2017: 181).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \tag{2}$$

Selanjutnya untuk analasis keefektivan menggunakan dua acuan yakni ketuntasan belajar klasikal dan respon peserta didik. Ketuntasan belajar klasikal setiap kelas menggunakan persamaan (3) dengan; PKK = Persentase Ketuntasan Klasikal; T = Total peserta didik yang tuntas (KB≥ 75%); T_t = Total jumlah peserta didik per kelas. Mencapai kriteria ketuntasan jika di dalam kelas terdapat ≥ 85% peserta didik tuntas belajarnya lebih dari standar ketuntasan sekolah (Trianto, 2018).

$$PPK = \frac{T}{T_t} x\ 100\% \tag{3}$$

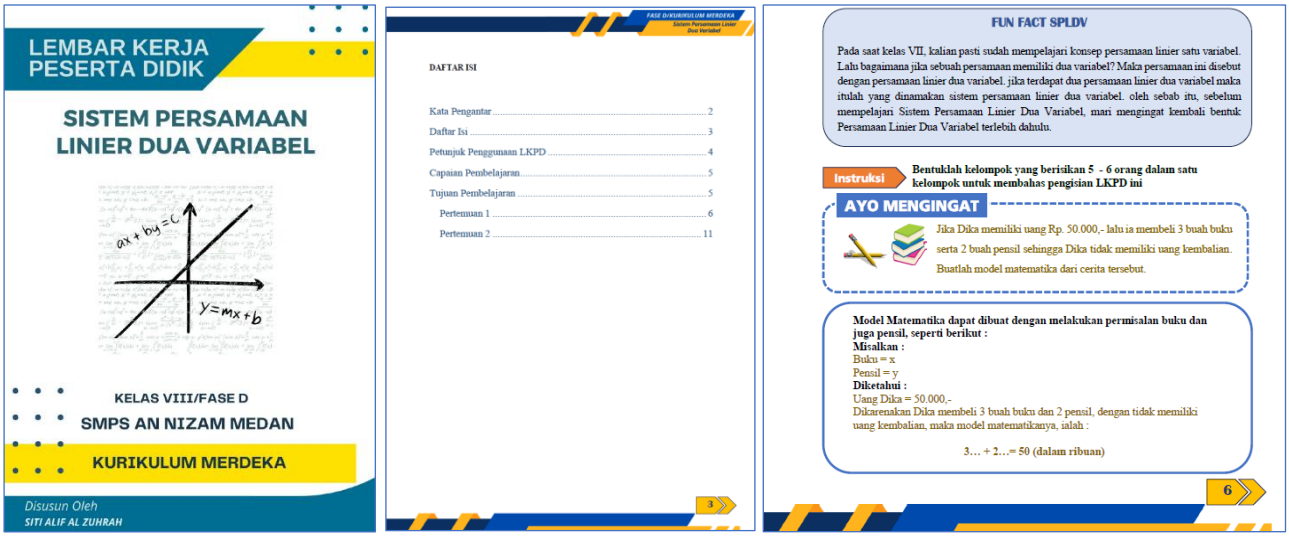
Sedangkan untuk respon peserta didik menggunakan skala guttmaan dimana skor 1 merupakan respon positif dan skor 0 merupakan respon negatif. Hasil angket yang diperoleh kemudian akan dianalisis dengan menggunakan persamaan 4. Kemudian dari hasil perhitungan diinterpretasikan dengan kriteria interpretasi respons peserta didik dinyatakan sangat menarik jika persentase mencapai 81–100%, menarik pada 61–80%, cukup menarik pada 41–60%, tidak menarik pada 21–40%, dan sangat tidak menarik jika berada pada 0–20% (Ridwan, 2016:16).

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Jumlah skor yang diperoleh}}{\text{Skor tertinggi}} x\ 100\% \tag{4}$$

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun pada tahap pendefinisian dihasilkan data berdasarkan analisis awal akhir yang ditemukan bahwa proses pembelajaran dikelas cenderung menunjukkan belajar mengajar yang berpusat pada pendidik. Tanya jawab, ceramah, serta diskusi adalah beberapa proses pembelajaran yang menandakan pembelajaran masih berpusat pada guru. Selain itu, secara keseluruhan perangkat pembelajaran matematika yang dimiliki guru masih kurang lengkap. Pada tahap perancangan dilakukan berbagai tahapan yang meliputi tahap penyusunan instrumen penelitian, media yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan peserta didik, dan rancangan awal *draft*. Berdasarkan hasil penelitian pada tahap rancangan, dihasilkan sebuah rancangan awal seperti pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Rancangan *Draft* Awal

Tahapan terakhir dari penelitian ini ialah tahap *develop* atau pengembangan. Tahapan ini melalui uji validitas, praktikalitas dan efektifitas produk serta melihat kemampuan berpikir kritis peserta didik yang meningkat setelah diterapkan LKPD hasil pengembangan. Tahap uji validitas dilakukan uji produk dengan memberikan produk rancangan awal kepada 4 validator ahli. Berdasarkan hasil yang diperoleh melalui tahap validasi oleh 4 dosen matematika selaku validator ahli terhadap produk pengembangan LKPD pada pembelajaran kooperatif tipe *snowball throwing* menunjukkan hasil yang sangat valid dengan skor rata rata validitas ialah 3,6. Dengan rincian skor penilaian validator 1 (62); Validator 2 (63); Validator 3 (64); dan Validator 4 (59).

Penilaian kevalidan dilihat dari terpenuhinya syarat syarat penyusunan LKPD, yaitu dari aspek didaktik, konstruksi, bahasa dan penyajian. Hal ini sejalan dengan yang disampaikan oleh Umbaryati (dalam Samosir, 2022:22) bahwa syarat syarat seperti syarat didaktik, konstruksi dan teknis harus dipenuhi dalam penyusunan LKPD pada tahap analisis validitas. Setelah tahap uji validitas maka dilakukan uji praktikalitas dan efektifitas.

Menurut Afianika (2018:164) menyatakan bahwa praktisnya sebuah produk dapat dilihat melalaui angket yang dinilai oleh praktisi yang dalam hal ini guru dan peserta didik. Beberapa indikator penilaian yang digunakan untuk menilai kepraktisan LKPD pada penelitian ini diantaranya ialah *useable* (dapat digunakan), *easy to use* (mudah digunakan), dan efisisensi waktu pembelajaran. Adapun hasil yang diperoleh dari analisis angket kepraktisan LKPD menunjukkan rata rata skor penilaian guru ialah sebesar 3,31 dan rata rata skor penilaian peserta didik ialah sebesar 2,78. Jika kedua nilai yang didapat dari praktisi dirata – ratakan maka nilai yang diperoleh ialah 3,04. Hal ini

menunjukkan hasil skor penilaian berada pada rentang nilai $2{,}51 < \bar{x} \leq 3{,}26$. Berdasarkan pedoman kriteria kepraktisan yang digunakan dalam penelitian ini, maka LKPD dinyata praktis.

Keefektifan LKPD ditinjau dari standar ketuntasan secara keseluruhan kelas dan analisis tanggapan peserta didik yang diterakan di dalam angket. Hasil penelitian menunjukkan peserta didik di dalam kelas yang tuntas sebesar 86,4%. Hal ini berarti secara klasikal ketuntasan peserta didik memenuhi standar yaitu minimal terdapat 85% peserta didik yang mencapai nilai KB≥ 75. KB ditentukan berdasarkan standar minimal ketuntasan di sekolah. Peserta didik dapat mencapai ketuntasan belajar secara klasikal dikarenakan model pembelajaran kooperatif tipe *snowball throwing* yang diterapkan dalam pembelajaran dapat melatih peserta didik untuk saling bekerjasama dalam mengerjakan lembar kerja yang diberikan, Menurut Yusnina (2020:531) dalam tahapan tipe *snowball throwing* dibutuhkan kerjasama yang dapat membentuk kompetensi kerjasama peserta didik dan kemampuan komunikasi. Selain itu, penentuan komposisi pembentukan kelompok yang dibuat dengan peserta didik heterogen menjadi salah satu faktor yang mendukung tercapainya ketuntasan belajar klasikal. Pembelajaran kooperatif didukung oleh teori perkembangan kognisi Vygotsky pada konsep zona perkembangan proksimal, di mana anak-anak berada dalam kelompok kelompok dengan berbeda tingkat intelektualnya sehingga peserta didik dapat saling bekerjasama dalmpembelajaran (Slavin dalam utami, 2021:111). Oleh sebab itu, proses belajar lebih menyenangkan dan peserta didik yang tidak paham materi mampu dibantu oleh rekannya yang paham akan materi. Selain itu, keefektifan produk juga dilihat berdasarkan angket respon peserta didik. Sebesar 84% peserta didik memberikan tanggapan yang baik terhadap pembelajaran yang dilakukan dengan menggunakan LKPD hasil pengembangan berdasarkan hasil angketnya. Hal ini berarti tanggapan peserta didik jika dikonversi dengan nilai kualitatif pada rentang penilaian dengan kategori sangat menarik. Hal ini terjadi dikarenakan pada tahapan model pengembangan Thiagarajan terdapat langkah untuk menganalisis peserta didik terlebih dahulu mencakup karakteristiknya, serta dalam tahap perancangan dilakukan pemilihan media dan format sesuai kebutuhan berdasarkan hasil analisis tahap sebelumnya. Oleh sebab itu peserta didik merespon positif terhadap pembelajaran LKPD dikarenakan sudah dirancang sesuai dengan kebutuhan peserta didik.

Proses belajar mengajar menggunakan LKPD dengan model kooperatif tipe *snowball throwing* menunjukkan adanya peningkatan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan. Peningkatan dilihat berdasarkan peningkatan tiap indikator, hasil analisis rata rata nilai sebelum dan sesudah tes serta melalui uji N-Gain. Adanya peningkatan kemampuan berpikir kritis yang ditinjau berdasarkan tiap indikator. Berdasarkan nilai rata- rata sebelum dan sesudah tes terdapat peningkatan sebesar 56,36%. Jika ditinjau dari analisis N-Gain maka didapat sebanyak 5 peserta didik dalam kategori peningkatan kemampuan berpikir kritis sedang dan 17 peserta didik dalam kategori tinggi. Secara keseluruhan rata rata nilai N- Gain ialah sebesar 0,73. Berdasarkan pedoman kriteria peningkatan N-Gain maka 0,73 masuk ke dalam kategori terjadinya peningkatan yang tinggi. Hal ini berarti adanya peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik dengan kategori tinggi berdasarkan hasil uji coba LKPD pada pembelajaran kooperatif tipe *snowball throwing.*

Peningkatan terjadi dikarenakan dalam proses pembelajaran diberikan sebuah LKPD yang telah dirancang sesuai dengan sintaks model pembelajaran kooperatif tipe *snowball throwing* untuk dapat membantu peserta didik meningkatkan kemampuan berpikir kritisnya. Peserta didik diharuskan untuk aktif, serta mampu mengutarakan pertanyaan dan berusaha untuk menjawab pertanyaan melalui diskusi tim dalam pembelajaran model ini. LKPD yang telah dirancang juga diberikan kolom khusus untuk peserta didik melakukan pertukaran pertanyaan dan saling memberikan jawaban satu sama lain.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Kegiatan tersebut akan memacu peserta didik untuk berpikir kritis. Begitupula yang disampaikan Rosidah (2020) bahwa model pembelajaran *snowball throwing* memili berbagai sintaks dalam prosesnya seperti peserta didik mengajukan pertanyaan dan peserta didik lain mencari jawaban, sehingga hal ini dapat mengasah kreativitas peserta didik dengan suasana yang menyenangkan juga membuat pembelajaran menjadi lebih aktif untuk dapat meningkatkan motivasi belajar serta menstimulus peningkatan kemampuan berpikir kritis.

KESIMPULAN

Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik pada pembelajaran kooperatif tipe *snowball throwing* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik ini telah memenuhi kriteria valid, praktis, efektif serta terjadinya peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada saat penggunaan LKPD hasil pengembangan. LKPD dinyatakan sangat valid berdasarkan penilaian empat validator. LKPD dinyatakan praktis berdasarkan data yang diperoleh dari angket kepraktisan guru dan peserta didik . Hasil uji keefektifan LKPD yang diperoleh berdasarkan ketuntasan klasikal peserta didik serta angket respon peserta didik menunjukkan kategori efektif. LKPD pada pembelajaran kooperatif tipe *snowball throwing* dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik dengan kriteria peningkatan sangat tinggi. LKPD yang dikembangkan dapat disimpulkan mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik serta telah memenuhi kriteria sangat valid, praktis dan efektif .

DAFTAR PUSTAKA

Alfianika, N. (2018). *Buku Ajar Metode Penelitian Pengajaran Bahasa Indonesia*. Yogyakarta: Deepublish

Anggraini, P. N., Siagian, A. T., & Agustinsa, R. (2022). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa Dalam Menyelesaikan Soal Berbasis Akm. *Algoritma Journal Of Mathematics Education (Ajme)*, 58-78.

Damayanti, I., Ambarita, A., & Nurhanurawati. (2022). Pengembangan LKPD Matematika Berbasis Model *Inkuiri Terbimbing* untuk Meningkatkan Berpikir Kritis Peserta Didik di Sekolah Dasar. *JURNAL BASICEDU. Vol 6(1),* 1028 – 1036.

Dianto, D. (2020). Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Kemuhammadiyahan Melalui Model Pembelajaran Snowball Throwing Di Madarasah Aliyah Muhammadiyah 1 Medan. *Intiqad: Jurnal Agama Dan Pendidikan Islam*, *12*(1), 34-44.

Helmawati. (2019). *Pembelajaran dan Penilaian Berbasis HOTS.* Bandung: PT Remaja Rosdakarya.

Kurniawati, K. L., Suastika, I. K., & Sesanti, N. R. (2018). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Matematik Siswa pada Materi Operasi Aljabar Kelas VIII di SMP Islam Hasanuddin Kesamben Blitar. Pancaran Pendidikan, 1(1), 77–85. https://doi.org/ISSN 2622-1209.

Nuryanti, L., Siti, Z., & Markus, D. 2018. Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP. *Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*. 3(2), 155-158.

Pertiwi, W. (2018). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Matematika Peserta Didik SMK pada Materi Matriks. Jurnal Pendidikan Tambusai, 2(4), 793–801. https://doi.org/https://doi.org/10.31004/jptam.v2i4.29.

Prihartini, E., Lestari, P., & Saputri, S. A. (2015). Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Menggunakan Pendekatan Open Ended. Prisma, *Prosiding Seminar*

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Nasional Matematika, 1(1), 58–64. Https://Journal.Unnes.Ac.Id/Sju/Index.Php/Prisma/Article/View/21427.

Ramadani, P.S., (2019). Kemampuan Berfikir Kritis Siswa Menggunakan Pendekatan Pembelajaran Realistic Mathematic Education (RME) Pada Materi SPLDV. FKIP.Universitas Muhamadiyah Sukabumi. Vol.3 (1).

Samosir, K & Simatupang, N. (2022). Analisis Validitas dan Praktikalitas terhadap Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Masalah Pada Materi Statistika. *Jurnal Fibonaci.* 3(1).

Setiadi, I. (2023). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Berdasarkan Efikasi Diri Matematis Melalui Penerapan Model Pembelajaran *Snowball- throwing. Jurnal Tadris Matematika*, 6(1) :145-158.

Suhartini, S., & Martyanti, A. (2017). Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Pembelajaran Geometri Berbasis Etnomatematika. *Jurnal Gantang*, 2(2), 105–111. Https://Doi.Org/10.31629/Jg.V2i2.198.

Wijaya, E. Y., Sudjimat, D. A., & Nyoto, A. (2016). Transformasi pendidikan abad 21 sebagai tuntutan pengembangan sumber daya manusia di era global. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika*, *1*(26), 263–278.Retrieved from: https://repository.unikama.ac.id/840/32/263-278

Wulandari, E. N. (2023). Penerapan Metode Pembelajaran Snowball Throwing Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Dan Prestasi Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Matematika. *Edumath : Jurnal Program Studi Matematika*, 41 - 51.

Yusnina, Linda Pebtin, And Yatim Riyanto. (2020). "Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Snowball Throwing Dengan Media Komik Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Dan Keterampilan Sosial Siswa Kelas 5 Sd Pada Pembelajaran Ips." *Jurnal Education And Development* 8.2 (2020): 530-530.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pembangunan Script Python untuk menunjukkan perbandingan antara Metode RK6, Metode RK4

Mhd Afif Nashi Ulwan[1], Intan Aisyah Pratiwi[2], Muhammad Zikri Suana[3], Yulita Molliq Rangkuti[4]
[1,2,3,4,]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:*naashii.ulwan@gmail.com,

Abstrak, artikel ini menunjukkan kinerja algoritma metode Runge-Kutta order keenam **(**RK6**)** dengan Python dalam penyelesaian persamaan diferensial biasa (ODE). Metode RK6 membutuhkan lima evaluasi fungsi per iterasi, sehingga lebih efisien dibandingkan metode Runge Kutta order ke empat (RK4). Pembangunan algoritma diujicobakan untuk persamaan diferensial. Pada suntak ini, hasil dari simulasi dengan metode RK6 dibandingkan dengan penyelesaian dari metode RK4 dan penyelesaian eksak menggunakan Syntak python menghasilkan tabel error dan grafik dinamika hasil simulasi dengan tampilan legen dan judul dari grafik. Dengan demikian syntak ini bisa dijadikan koding alternatif untuk menyelesaikan persamaan diferensial yang lebih kompleks untuk metode RK6 ini.
Kata kunci: Runge Kutta order 6 Goeken-Johnson, Python, Persamaan Diferensial

Abstract, *this article shows the performance of the Sixth-Order Runge-Kutta (RK6) algorithm with Python in solving ordinary differential equations (ODEs). The RK6 method requires five function evaluations per iteration, making it more efficient than fourth-order Runge Kutta method (RK4). The development of the algorithm is tested for differential equations. This section compares the results of simulations with the RK6 method and their RK4's solutions and exact solution. Python syntax produces error tables and dynamic graphs of simulation results with legends and graph titles. Thus, this syntax can be used as an alternative coding to solve more complex differential equations for this RK6 method.*
Keywords*: Runge Kutta order 6 Goeken-Johnson method, Python, Differential Equations.*

Citation : Ulwan, M. A. N, dkk. (2024). Pembangunan Script Python untuk menunjukkan perbandingan antara Metode RK6, Metode RK4. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 831 – 837.

PENDAHULUAN

Persamaan diferensial adalah alat matematis yang fundamental dalam memodelkan berbagai fenomena alam dan teknik, mulai dari pergerakan benda hingga perubahan populasi. Dengan menggambarkan hubungan antara suatu fungsi dan turunannya, persamaan ini memungkinkan kita untuk memahami dan memprediksi perilaku sistem dinamis dalam berbagai bidang, termasuk fisika, biologi, ekonomi, dan teknik. Dalam konteks ini, pembahasan mengenai persamaan diferensial menjadi sangat penting untuk mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana variabel-variabel berinteraksi satu sama lain seiring waktu (Murray, 2002).

Penyelesaian eksak yang diperoleh tidak selamanya mudah diperoleh. banyak peneliti menyelesaikan persamaan diferensial ini menggunakan pendekatan numerik. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa metode Runge-Kutta orde lebih tinggi, seperti metode orde keenam, dapat menawarkan akurasi yang lebih baik dengan mengurangi jumlah langkah evaluasi fungsi yang diperlukan, dibandingkan dengan metode RK4 yang lebih konvensional. Implementasi ini sangat berguna dalam menangani sistem persamaan diferensial yang kompleks dan berukuran besar, di mana efisiensi komputasi dan akurasi merupakan faktor kritis dalam pemodelan numerik (Reyes & Johnson, 2021; Ningsi & Mungkasi, 2019; Zhang, dkk, 2021).

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Salah satu metode Sixth-Order Runge-Kutta (RK6) dalam simulasi dinamika fluida dapat dilihat pada penelitian oleh Khajehpour et al. (2021). Dalam studi ini, peneliti menggunakan RK6 untuk menyelesaikan sistem persamaan diferensial yang menggambarkan aliran cairan di saluran, baik dalam kondisi laminar maupun turbulen. Metode ini terbukti efektif dalam menghasilkan solusi numerik yang lebih akurat dengan meminimalkan jumlah evaluasi fungsi yang diperlukan pada setiap langkah. Hal ini sangat krusial dalam situasi yang membutuhkan komputasi cepat. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa RK6 tidak hanya meningkatkan akurasi tetapi juga mempercepat kinerja komputasi dibandingkan dengan metode orde lebih rendah seperti RK4 dan RK5. Dengan demikian, RK6 muncul sebagai pilihan yang lebih optimal untuk analisis aliran fluida (Luan & Ostermann, 2020; Al-Shimmary, 2017).

Python adalah bahasa pemrograman yang populer dan serbaguna, dikenal karena sintaksisnya yang sederhana dan kemampuannya untuk mendukung berbagai paradigma pemrograman, termasuk pemrograman berorientasi objek dan fungsional. Bahasa ini banyak digunakan dalam berbagai bidang, mulai dari pengembangan web, analisis data, pembelajaran mesin, hingga simulasi ilmiah. Keunggulan Python terletak pada kemudahan penggunaan dan ekosistem pustaka yang kaya, seperti NumPy, SciPy, dan Matplotlib, yang sangat mendukung komputasi numerik dan visualisasi data (Lutz, 2020; Beazley & jones, 2020; Harris, dkk, 2020). Beberapa studi terbaru telah berhasil menggunakan Python untuk menyelesaikan berbagai masalah, termasuk pemodelan dinamika fluida, analisis sistem kontrol, dan pemecahan persamaan matematis yang kompleks. Misalnya Python dapat digunakan dalam pemodelan meteorologi dan analisis data keuangan, menjadikannya alat yang penting dalam penelitian ilmiah dan industri (Luan & Ostermann, 2020; Wright, dkk., 2022). Pada artikel ini, Python dibangun untuk mengimplementasikan metode RK6 dan RK4 dalam menyelesaikan persamaan diferensial, untuk menunjukkan akurasi kedua metode dengan menampilkan eror mutlak dan error relatif baik dalam tabel maupun dalam grafik.

METODE RUNGE KUTTA

Pada artikel ini, dua metode akan dibangun algortimanya dengan python. Dua metode tersebut metode Runge Kutta order keenam (RK6) adalah salah satu varian dari metode Runge-Kutta orde ke-6 yang diperkenalkan oleh Al-Shimmary di tahun 2017 (Al-Shimmary, 2017). Keunggulan dari metode ini adalah membutuhkan tujuh kali evaluasi fungsi per iterasi, berbeda dengan metode RK6 standar yang memerlukan enam hingga tujuh kali evaluasi. Penggunaan evaluasi fungsi yang lebih sedikit menjadikan metode ini lebih efisien secara komputasional. Seperti yang diketahui bahwa metode orde keenam standar mempunyai 7 fungsi evaluasi k_i. Rumus iterasi untuk metode ini dituliskan sebagai berikut

$$y_{n+1} = y_n + h\left(\frac{13}{200}k_1 + \frac{11}{40}k_3 + \frac{11}{40}k_4 + \frac{4}{25}k_5 + \frac{4}{25}k_6 + \frac{13}{200}k_7\right) \quad (1)$$

Dimana $k_1 = f(x_n, y_n), k_2 = f\left(x_n + \frac{1}{3}h, y_n + \frac{1}{3}hk_1\right), k_3 = f\left(x_n + \frac{2}{3}h, y_n + \frac{2}{3}hk_2\right), k_4 = f\left(x_n + \frac{1}{3}h, y_n + \frac{1}{12}hk_1 + \frac{1}{3}hk_2 - \frac{1}{12}hk_3\right), k_5 = f\left(x_n + \frac{5}{6}h, y_n + \frac{25}{48}hk_1 - \frac{55}{24}hk_2 + \frac{35}{48}hk_3 + \frac{15}{8}hk_4\right), k_6 = f\left(x_n + \frac{1}{6}h, y_n + \frac{3}{20}hk_1 - \frac{11}{20}hk_2 - \frac{1}{8}hk_3 + \frac{1}{2}hk_4 + \frac{1}{10}hk_5\right)$, dan $k_7 = f\left(x_n + h, y_n - \frac{261}{260}hk_1 + \frac{33}{13}hk_2 + \frac{43}{156}hk_3 - \frac{118}{39}hk_4 + \frac{32}{195}hk_5 + \frac{80}{39}hk_6\right)$, dan $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6,$ dan k_7 merupakan fungsi evaluasi dari metode RK6.

Metode RK4 merupakan metode yang sangat akurat untuk menyelesaikan persamaan diferensial, khususnya sistem persamaan diferensial, seperti berbagai sistem chaotic, hperchaotic dan model-

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

model dalam bidang kesehatan (Press, dkk., 2007). Metode ini secara umum pertama kali diperkenalkan oleh matematikawan J. A. Runge dan M. W. Kutta pada awal abad ke-20. Metode orde keenam ini kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh berbagai peneliti. Adalpun rumus dari RK4 dituliskan dalam persamaan 2 di bawah ini

$$y_{n+1} = y_n + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \quad (2)$$

Dimana, $k_1 = hf(x_n, y_n), k_2 = hf\left(x_n + \frac{1}{2}h, y_n + \frac{1}{2}k_1\right), k_3 = hf\left(x_n + \frac{1}{2}h, y_n + \frac{1}{2}k_2\right)$ dan $k_4 = hf(x_n + h, y_n + k_3)$. Pengujian keakuratan dari metode RK6 dapat dilihat dari error absolut atau error Realtif seperti rumus Error Absolut $= | \tilde{y}_{RK6} - \tilde{y}_{RK4} |$. Kesalahan absolut menunjukkan seberapa jauh hasil numerik dari solusi eksak yang seharusnya. Semakin kecil nilai error absolut, semakin baik akurasi metode tersebut.

$$\text{Error Realtif} = \frac{|\tilde{y}_{RK6} - \tilde{y}_{RK4}|}{\tilde{y}_{RK4}} \quad (3)$$

Kesalahan relatif memberikan ukuran proporsional dari kesalahan dibandingkan dengan solusi esak. Ini berguna untuk mengukur akurasi dalam konteks besarnya solusi eksak, terutama ketika solusi eksak berubah secara signifikan di sepanjang interval x.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Syntax Python sudah dibangun untuk menunjukkan perbandingan metode Rk6 dan RK4 untuk menyelesaikan kasus persamaan diferensial. Syntax python yang dibangun diawali menuliskan library sebagai berikut

```
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
```

Pada artikel ini, persamaan diferensial yang akan diujicobakan adalah $\frac{dy}{dx} = f(x, y) = x \cdot sin(y) + e^{\{-x\}} \cdot y^2$, dengan $y(0) = 2, 0 \leq x \leq 2,$ dan $h = 0.001$ serta penyelesaian eksak $y = 2e^x - x - 1$. Untuk pendefinisian dan penginputan persamaan diferensial ini dibangun script berikut:

```
# Fungsi solusi eksak
def exact_solution(x):
    return 2 * np.exp(x) - x - 1
# Fungsi untuk memasukkan persamaan diferensial
def define_dydx():
    print("Masukkan persamaan diferensial dalam bentuk f(x, y). Contoh: x + y")
    equation = input("Persamaan dydx: ")
    # Mendefinisikan fungsi berdasarkan input pengguna
    def dydx(x, y):
        return eval(equation)
    return dydx
```

Pada metode penginputan persamaan diferensial, interval waktu, ukuran langkah dan nilai awal dibangun script python seperti berikut:

```
# Fungsi utama
def main():
    print("=== Program Perbandingan Metode Runge-Kutta ===")
    dydx = define_dydx()
    x0 = float(input("Masukkan nilai x awal (x0): "))
    y0 = float(input("Masukkan nilai y awal (y0): "))
    h = float(input("Masukkan ukuran langkah (h): "))
    x_end = float(input("Masukkan nilai x akhir: "))
```

Hasil dari simulasi menggunakan python, maka dihasilkan tampilan hasil inputan sebagai berikut:

```
Persamaan dydx:  x * np.sin(y) + np.exp(-x) * y**2
Masukkan nilai x awal (x0):  0
Masukkan nilai y awal (y0):  1
Masukkan ukuran langkah (h):  0.001
Masukkan nilai x akhir:  2
```

Selanjutnya, untuk menampilkan hasil perbandingan antara metode RK6, metode RK4 dan penyelesaian eksak, dibangun dahulu kodingan untuk metode Rk 6 seperti berikut:

```
# Fungsi metode Runge Kutta order ke-6
def rk6(f, x0, y0, h, n):
    x_values = [x0]
    y_values = [y0]
    for i in range(n):
        k1 = f(x0, y0)
        k2 = f(x0 + h/3, y0 + h*k1/3)
        k3 = f(x0 + 2*h/3, y0 + 2*h*k2/2)
        k4 = f(x0 + h/3, y0 + h * k1/12 + h*k2/3 - h * k3/12)
        k5 = f(x0 + 5*h/6, y0 + h * 25*k1/48 - 55 * h * k2/24 + 35 * h * k3/48 + 15*h*k4/8)
        k6 = f(x0 + h/6, y0 + 3*h * k1/20 - h * 11*k2/20 - h * k3/8 + h * k4/2 + h*k5/10)
        k6 = f(x0 + h, y0 - 261*h*k1/200 + h * 33*k2/13 + h * 43*k3 /156 - h * 118*k4/39 +
32*h*k5/195 + 80*h*k6/39)
        y0 = y0 + h* (13*k1/200 + 11*k3/40 + 11*k4/40 + 4*k5/25 + 4*k6/25 + 13*k5/200)
        x0 = x0 + h
        x_values.append(x0)
        y_values.append(y0)
    return x_values, y_values
```

Kemudian dibangun juga koding python untuk Metode RK4 sebagai berikut

```
# Fungsi metode Runge-Kutta orde ke-4
def rk4(f, x0, y0, h, n):
    x_values = [x0]
    y_values = [y0]
    for i in range(n):
        k1 = f(x0, y0)
        k2 = f(x0 + h/2, y0 + h/2 * k1)
        k3 = f(x0 + h/2, y0 + h/2 * k2)
        k4 = f(x0 + h, y0 + h * k3)
        y0 = y0 + (h/6) * (k1 + 2*k2 + 2*k3 + k4)
        x0 = x0 + h
        x_values.append(x0)
        y_values.append(y0)
    return x_values, y_values
```

Untuk mendukung jumlah iterasi maka dituliskan koding baris 1- 2, Untuk membandingkan penyelesaian dari metode RK6 dan RK4, penyelesaian eksak ditulis dengan koding baris 3 – 5, Sedangkan untuk menghitung metode RK6 dan RK4 menggunakan koding baris 6 – 8, sedangkan untuk hasil simulasi dimasukkan ke dalam dataframe untuk tampilan tabel yang nantinya akan ditunjukkan sebagai hasil menggunakan koding baris 9 - 16 yang terlihat pada koding di bawah ini

```
# Menghitung jumlah iterasi
    n = int((x_end - x0) / h)
# Menghitung solusi eksak (hanya sebagai referensi; bisa diubah sesuai kebutuhan)
    x_exact = np.linspace(x0, x_end, n+1)
    y_exact = exact_solution(x_exact)
# Menghitung solusi numerik dengan kedua metode
    x_values_rk6, y_values_rk6 = rk6(dydx, x0, y0, h, n)
    x_values_rk4, y_values_rk4 = rk4(dydx, x0, y0, h, n)
```


© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

```
# Membuat DataFrame untuk perbandingan
    comparison_df = pd.DataFrame({
        'x': x_exact,
        'y_exact': y_exact,
        'y_rk6': y_values_rk6,
        'y_rk4': y_values_rk4
    })
```

Novelty dari artikel ini adalah perbandingan hasil Metode RK6, Metode Rk4 dan penyelesaian eksak menggunakan koding berikut dan Hasil perbandingan yang ditampilkan dalam tabel yang ditunjukkan pada gambar 1.

```
# Menghitung error absolut dan relatif untuk kedua metode
    comparison_df['absolute_error_rk6']      =      np.abs(comparison_df['y_exact']      -
comparison_df['y_rk6'])
    comparison_df['relative_error_rk6']   =   np.abs(comparison_df['absolute_error_rk6']   /
comparison_df['y_exact'])
    comparison_df['absolute_error_rk4']      =      np.abs(comparison_df['y_exact']      -
comparison_df['y_rk4'])
    comparison_df['relative_error_rk4']   =   np.abs(comparison_df['absolute_error_rk4']   /
comparison_df['y_exact'])
# Menampilkan tabel hasil perbandingan
    print("\nHasil Perbandingan Metode RK6 dan RK4:")
    print(comparison_df)
```

```
Hasil Perbandingan Metode RK6 dan RK4:
         x    y_exact      y_rk6      y_rk4  absolute_error_rk6  \
0    0.000   1.000000   1.000000   1.000000        0.000000e+00
1    0.001   1.001001   1.001001   1.001001        2.341207e-07
2    0.002   1.002004   1.002004   1.002004        3.127527e-07
3    0.003   1.003009   1.003009   1.003008        2.376711e-07
4    0.004   1.004016   1.004016   1.004015        1.065610e-08
...    ...        ...        ...        ...                 ...
1996 1.996  11.723118  15.234288  15.175774        3.511171e+00
1997 1.997  11.736844  15.266765  15.208103        3.529921e+00
1998 1.998  11.750586  15.299287  15.240479        3.548702e+00
1999 1.999  11.764341  15.331853  15.272899        3.567511e+00
2000 2.000  11.778112  15.364461  15.305364        3.586349e+00

      relative_error_rk6  absolute_error_rk4  relative_error_rk4
0           0.000000e+00        0.000000e+00        0.000000e+00
1           2.338866e-07        7.897038e-08        7.889141e-08
2           3.121272e-07        3.147033e-07        3.140739e-07
3           2.369581e-07        7.054278e-07        7.033115e-07
4           1.061347e-08        1.249368e-06        1.244370e-06
...                  ...                 ...                 ...
1996        2.995083e-01        3.452656e+00        2.945169e-01
1997        3.007555e-01        3.471259e+00        2.957574e-01
1998        3.020021e-01        3.489893e+00        2.969974e-01
1999        3.032478e-01        3.508557e+00        2.982366e-01
2000        3.044927e-01        3.527251e+00        2.994751e-01
```

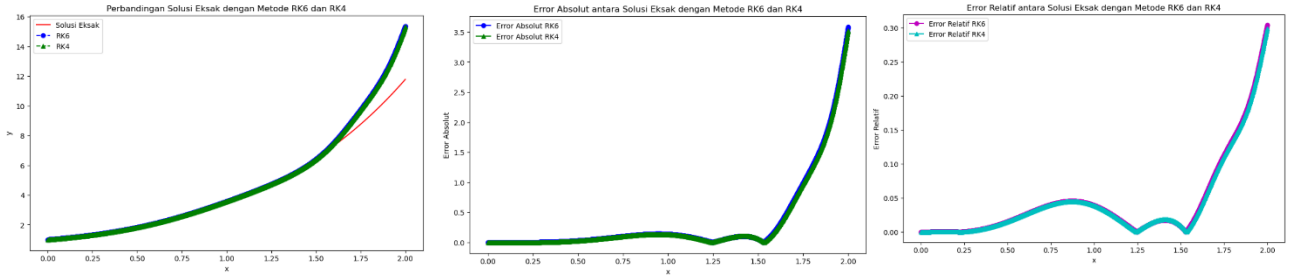
Gambar 1. Tampilan hasil perbandingan RK6 dan RK4.

Setelah itu, akan ditampilkan hasil perbandingan menggunakan grafik dengan membuat koding berikut dan hasil akan menampilkan grafik seperti pada gambar 2.

```
# Menampilkan tabel hasil perbandingan
    print("\nHasil Perbandingan Metode RK6 dan RK4:")
    print(comparison_df)
    # Plot perbandingan solusi eksak dengan kedua metode
    plt.figure(figsize=(10, 6))
    plt.plot(comparison_df['x'], comparison_df['y_exact'], 'r-', label='Solusi Eksak')
    plt.plot(comparison_df['x'], comparison_df['y_rk6'], 'bo--', label='RK6')
```


© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

```
    plt.plot(comparison_df['x'], comparison_df['y_rk4'], 'g^--', label='RK4')
    plt.xlabel('x')
    plt.ylabel('y')
    plt.title('Perbandingan Solusi Eksak dengan Metode RK6 dan RK4')
    plt.legend()
    plt.show()
    # Plot error absolut
    plt.figure(figsize=(10, 6))
    plt.plot(comparison_df['x'], comparison_df['absolute_error_rk6'], 'b-o', label='Error
Absolut RK6')
    plt.plot(comparison_df['x'], comparison_df['absolute_error_rk4'], 'g-^', label='Error
Absolut RK4')
    plt.xlabel('x')
    plt.ylabel('Error Absolut')
    plt.title('Error Absolut antara Solusi Eksak dengan Metode RK6 dan RK4')
    plt.legend()
    plt.show()
    # Plot error relatif
    plt.figure(figsize=(10, 6))
    plt.plot(comparison_df['x'], comparison_df['relative_error_rk6'], 'm-o', label='Error
Relatif RK6')
    plt.plot(comparison_df['x'], comparison_df['relative_error_rk4'], 'c-^', label='Error
Relatif RK4')
    plt.xlabel('x')
    plt.ylabel('Error Relatif')
    plt.title('Error Relatif antara Solusi Eksak dengan Metode RK6 dan RK4')
    plt.legend()
    plt.show()
```



(a) (b) (c)

Gambar 2. (a) Grafik eksak untuk $0 \leq x \leq 2$, (b) Error Absolut (c) Error Relatif

Hasil simulasi memperlihatkan hasil perbandingan dari hasil penyelesaian menggunakan metode RK6, metode RK4 dan penyelesaian untuk kasus $\frac{dy}{dx} = f(x,y) = x \cdot sin(y) + e^{\{-x\}} \cdot y^2$. Terlepas dati metode yang akurat. Pada artikel ini hanya membahas pembangunan script python utnuk menampilkan perbandingan dari dua metode dan penyelesaian eksak. Dengan koding ini, persamaan diferensial order biasa bisa dicari solusinya.

KESIMPULAN

Artikel ini menunjukkan pembangunan script python untuk membandingkan dua metode numerik, yaitu Rk6 dan metode RK4 serta penyelesaian eksak sebagai banchmark untuk menyelesaikan persamaan diferensial biasa (ODE). Dengan hanya script python ini, berbagai penyelesaian dari persamaan diferensial lebih kompleks dapat diselesaikan dengan menampilakan error absolut, relatif error dan solusinya sendiri dengan lebih cepat tanpa mengurangi tingkat akurasi. Script ini bisa menjadikan pilihan koding untuk menyelesaikan persamaan diferensial yang kompleks.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami sangat berterima kasih kepada anggota tim yang turut berkontribusi dalam penyelesaian artikel ini. Dan tak lupa kami ucapkan terima kasih kepada reviewer yang telah memberikan masukan sehingga artikel ini layak dipublikasikan.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Shimmary, A.F.A., (2017) Solving Initial Value Problem using Runge-Kutta 6 the Order Method, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, VOL. 12, NO. 13, 3953-3961

Beazley, D. M., & Jones, S. A. (2020). Python Cookbook (3rd ed.). O'Reilly Media

Harris, C. R., Millman, K. J., van der Walt, S. J., et al. (2020). Array programming with NumPy. Nature, 585(7825), 357-362.

Khajehpour, M., Nasiri, F., & Ansari, F. (2021). Application of sixth-order Runge-Kutta method for simulating fluid dynamics. Journal of Computational Physics, 442, 110-118.

Luan, V. T., & Ostermann, A. (2020). Efficient exponential time integration schemes for meteorological models. Journal of Computational Physics, 417, 109-125

Lutz, M. (2020). Learning Python (5th ed.). O'Reilly Media.

Murray J.D, (2002), *Mathematical Biology: I An Introduction*, Third Edition. Springer: New York, USA

Ningsi, G. P., & Mungkasi, S. (2019). Penerapan Metode Runge-Kutta dan Iterasi Variasional dalam Simulasi Transmisi Tuberkulosis. Limits: Journal of Mathematics and Its Applications, 16(2), 15-22.

Press, W. H., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T., & Flannery, B. P. (2007). *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing* (3rd ed.). Cambridge University Press.

Reyes, A., & Johnson, D. (2021). Advanced numerical methods for ODE systems: An analysis of higher-order Runge-Kutta methods. Computational Mathematics Journal, 18(3), 45-58.

Wright, W. M., Luan, V. T., & Pudykiewicz, J. A. (2022). Multi-step methods for differential equations: A comparative study. Journal of Computational Mathematics, 40(4), 598-614.

Zhang, Y., Liu, H., & Chen, Y. (2021). An efficient implementation of higher-order Runge-Kutta methods. Applied Numerical Mathematics, 173, 184-195

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Penerapan Metode Naive Bayes dalam Memprediksi Kepuasan Pasien Terhadap Pelayanan Rumah Sakit (Studi Kasus: Rumah Sakit Umum Haji Medan)

Riska Syahdia[1*], Dinda Kartika[2]
[1,2]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author:riskanst2903@gmail.com*

Abstrak, penerapan Metode Naive Bayes Dalam Memprediksi Kepuasan Pasien Terhadap Pelayanan Rumah Sakit (Studi Kasus: Rumah Sakit Umum Haji Medan), Riska Syahdia, Universitas Negeri Medan, Pelayanan kesehatan berkualitas adalah salah satu faktor kunci yang memengaruhi kepuasan pasien di rumah sakit. Rumah sakit perlu memberikan layanan yang baik untuk memenuhi kebutuhan pasien dan menciptakan tingkat kepuasan yang tinggi. Namun, sering kali terdapat perbedaan antara layanan yang diberikan dan harapan pasien, yang dapat berdampak pada tingkat kepuasan. Rumah Sakit Umum Haji Medan, sebagai penyedia layanan kesehatan, berusaha meningkatkan kualitas pelayanannya agar dapat memenuhi harapan pasien. Algoritma Naive Bayes merupakan salah satu strategi untuk memprediksi kepuasan pasien. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memprediksi kepuasan pasien di Rumah Sakit Umum Haji Medan dengan menggunakan pendekatan Naive Bayes. Data dianalisis menggunakan software RapidMiner untuk mengukur akurasi. Dalam analisis ini, terdapat 5 variabel independen dan 2 kategori untuk mengukur kepuasan, yaitu puas dan tidak puas. Hasil dari pengujian akhir menunjukkan tingkat akurasi sebesar 100%, dengan nilai precision dan recall juga mencapai 100%.
Kata kunci: *Kepuasan Pasien, Naive Bayes, RapidMiner*

Abstract, *application of the Naive Bayes Method in Predicting Patient Satisfaction with Hospital Services (Case Study: Medan Haji General Hospital), Riska Syahdia, Medan State University, Quality health services are one of the key factors that influence patient satisfaction in hospitals. Hospitals need to provide good services to meet patient needs and create a high level of satisfaction. However, there are often discrepancies between the services provided and patient expectations, which can impact satisfaction levels. Medan Haji General Hospital, as a health service provider, tries to improve the quality of its services so that it can meet patient expectations. The Naive Bayes algorithm is a strategy for predicting patient satisfaction. The aim of this research is to predict patient satisfaction at the Medan Haji General Hospital using the Naive Bayes approach. Data was analyzed using RapidMiner software to measure accuracy. In this analysis there are 5 independent variables and 2 categories to measure satisfaction, namely satisfied and dissatisfied. The results of the final test show an accuracy level of 100%, with precision and recall values also reaching 100%.*
Keywords*: Patient Satisfaction, Naive Bayes, RapidMiner*

Citation : Syadia, R. & Kartika D. (2024). Penerapan Metode Naive Bayes dalam Memprediksi Kepuasan Pasien Terhadap Pelayanan Rumah Sakit (Studi Kasus: Rumah Sakit Umum Haji Medan). *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 838 – 843

PENDAHULUAN

Pelayanan kesehatan merupakan salah satu jenis pelayanan publik yang disediakan pemerintah. Pada dasarnya, setiap individu memerlukan akses ke pelayanan kesehatan (Saleh et al., 2015). Pelayanan kesehatan adalah upaya yang dilakukan secara individu atau bersama-sama dalam suatu organisasi untuk memelihara dan meningkatkan kesehatan individu, keluarga, kelompok, atau masyarakat. Rumah sakit sebagai penyedia layanan kesehatan berkewajiban untuk memberikan layanan yang sesuai dengan kebutuhan pasien. Pelayanan yang baik dan menyenangkan dapat

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

membantu mengembangkan hubungan antara perawat dan pasien (Harfika & Abdullah, 2017). Meningkatnya jumlah rumah sakit memberikan masyarakat lebih banyak pilihan dalam memilih fasilitas perawatan kesehatan yang tepat. Masyarakat lebih memilih rumah sakit yang dianggap memberikan kepuasan paling tinggi. Untuk bersaing, setiap rumah sakit seharusnya mengutamakan kepuasan pasien. Untuk memastikan kepuasan pasien, setiap rumah sakit harus memberikan pelayanan yang memuaskan. Namun, sering kali ada kesenjangan antara layanan yang diberikan dan harapan pasien, yang pada akhirnya dapat memengaruhi tingkat kepuasan (Muslimin, 2020). Rumah Sakit Umum Haji (RSU) merupakan rumah sakit milik Pemerintah Provinsi Sumatera Utara yang terletak di Kabupaten Deli Serdang, tepatnya di Jl. RS Haji Percut Sei Tuan. RSU Haji Medan tetap mengutamakan pelayanan dengan status akreditasi B sesuai dengan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1476/MENKES/SK/X/2010. RSU Haji Medan terus berinovasi untuk meningkatkan mutu pelayanan kesehatan.

Seiring dengan kemajuan teknologi, prediksi kepuasan pasien mulai banyak dilakukan menggunakan metode analisis data. *Naive Bayes* merupakan metode yang umum digunakan untuk memprediksi kepuasan pasien. *Naive Bayes* merupakan metode klasifikasi probabilistik yang menggunakan data yang tersedia untuk menghasilkan peluang berdasarkan kombinasi frekuensi dan nilai. Metode ini, yang dikembangkan oleh ilmuwan Inggris Thomas Bayes, memprediksi kemungkinan masa depan menggunakan data pengalaman sebelumnya. (Manalu et al., 2017). *Naive Bayes* didasarkan pada asumsi yang menyederhanakan suatu nilai tertentu secara kondisional dengan menganggap bahwa nilai-nilai tersebut saling bebas (*independen*) dengan memberikan nilai *output* maka akan meningkatkan probabilitas pada *output* tersebut (Risda Nur Ainum, 2022).

Klasifikasi adalah proses yang bertujuan untuk menemukan serangkaian model yang menjelaskan kelas-kelas data, sehingga model tersebut dapat digunakan untuk memprediksi nilai dari kelas yang belum diketahui sebelumnya (Soumokil et al., 2021). Data *mining* adalah proses memperoleh informasi dari data yang sebelumnya tidak diketahui, yang setelah dianalisis, mengungkapkan pola tertentu. Proses ini berusaha untuk menggali atau mengolah data guna menemukan pola-pola yang tersembunyi. (Putra & Wibowo, 2020). Dalam penelitian ini, *software RapidMiner* digunakan untuk mengevaluasi keakuratan hasil. *RapidMiner* adalah alat penambangan data yang memfasilitasi penambangan teks, analisis teks, pengenalan pola, dll. Penelitian terdahulu yang telah dilakukan tentang metode *Naive Bayes* antara lain adalah (Riyanah & Fatmawati, 2021) "Penerapan Algoritma *Naive Bayes* untuk Klasifikasi Penerima Bantuan Surat Keterangan Tidak Mampu Membayar" hasil akhir pengolahan data menunjukkan bahwa dari 35 sampel data penerima bantuan SKTM dan satu data uji, kategori layak memiliki tingkat akurasi keseluruhan sebesar 62,86%. *Class recall* untuk kategori layak adalah 78,57%, sedangkan untuk kategori tidak layak adalah 52,38%. *Class precision* untuk kategori layak mencapai 52,38%, dan untuk kategori tidak layak adalah 78,57%. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memprediksi kepuasan pasien terhadap layanan rumah sakit menggunakan pendekatan *Naive Bayes*. Dengan adanya prediksi yang lebih akurat dan cepat, diharapkan rumah sakit dapat meningkatkan mutu pelayanan secara berkesinambungan serta mengoptimalkan kepuasan pasien di masa mendatang.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini bersifat kuantitatif, dengan populasi mencakup seluruh pasien di RSU Haji Medan. Sampel yang diambil dalam penelitian ini adalah pasien rawat inap yang menggunakan BPJS dan dirawat di RSU Haji Medan. Data yang digunakan adalah data primer yang diperoleh langsung

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

oleh peneliti dengan menggunakan kuesioner. Data tersebut terdiri dari 5 variabel, yaitu; (a) kenyamanan ruangan; (b) empati perawat; (c) ketanggapan perawat; (d) fasilitas rumah sakit; (e) komunikasi perawat. Setiap faktor terdiri dari serangkaian pertanyaan yang diajukan kepada pasien di RSU Haji Medan. Hasil dikumpulkan melalui kuesioner yang disebarkan kepada pasien. Kuesioner ini menggunakan skala *Likert* dengan lima kategori: Sangat Puas (SP), Puas (P), Netral/Cukup (N/C), Tidak Puas (TP), dan Sangat Tidak Puas (STP). Hasil kuesioner akan dianalisis menggunakan metode *Naive Bayes* dan diuji dengan *RapidMiner*.

Prosedur yang diikuti dalam penelitian ini meliputi beberapa tahapan. Pertama, dilakukan analisis masalah dengan mengidentifikasi permasalahan kepuasan yang berkaitan dengan pengalaman pasien di rumah sakit serta menentukan faktor atau kriteria yang akan digunakan dalam penelitian. Selanjutnya, dilakukan tinjauan pustaka untuk memperoleh landasan teori yang relevan, dengan mengacu pada berbagai sumber seperti buku, jurnal, dan literatur lainnya. Tahap berikutnya adalah pengumpulan data yang dilakukan melalui penyebaran kuesioner kepada pasien di RSU Haji Medan, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kota Medan. Setelah data terkumpul, dilakukan proses input data, kemudian data tersebut dibagi menjadi dua bagian, yaitu data latih (training) dan data uji (testing). Tahapan selanjutnya melibatkan perhitungan probabilitas prior, diikuti dengan perhitungan probabilitas untuk setiap kategori pada data latih. Setelah itu, dilakukan perhitungan probabilitas untuk data uji, dan hasilnya dibandingkan berdasarkan kelas probabilitas. Dari hasil perbandingan tersebut, diperoleh klasifikasi nilai kepuasan atau ketidakpuasan pasien, yang selanjutnya dijadikan dasar dalam menarik kesimpulan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis data yang diperlukan meliputi kebutuhan masukan, proses, dan keluaran. Proses analisis dilakukan pada data kebutuhan untuk pelatihan (*training*) dan pengujian (*testing*). Total jumlah pasien yang dikumpulkan adalah 50, terdiri dari 50 responden. Data ini kemudian dibagi menjadi 40 untuk pelatihan dan 10 untuk pengujian, yang akan diuji di akhir proses.

Kategori a1 hingga a10 digunakan untuk setiap poin dalam kuesioner yang akan dibagikan kepada responden selama pengumpulan data. Ada lima variabel yang digunakan yaitu kenyamanan ruangan, empati perawat, ketanggapan perawat, fasilitas ruangan, dan komunikasi perawat. Saat menghitung data, skala peringkat lima digunakan dengan empat kategori yang pertama sangat puas (SP), puas (P), Netral/Cukup (N/C), tidak puas (TP), sangat tidak puas (STP). Selanjutnya, data akan diolah dengan perhitungan *Naive Bayes Classifier* dan uji akurasi *RapidMiner*. Berikut tabel data *testing*:

Tabel 1 Data *Testing*

Resp	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	Kelas
R1	SP	P	C	C	P	P	SP	SP	P	P	...
R2	C	P	P	P	P	P	P	P	P	P	…
R3	P	P	C	C	P	P	SP	SP	P	P	…
R4	P	P	P	P	P	P	SP	SP	P	P	…
R5	TP	TP	C	C	C	C	C	P	C	C	…
R6	SP	P	P	SP	P	P	SP	SP	P	P	…
R7	C	P	P	P	P	P	SP	P	P	P	…
R8	P	P	P	P	SP	P	SP	SP	P	P	…
R9	P	P	C	C	P	P	SP	SP	P	P	…
R10	TP	C	C	C	C	C	P	C	C	C	…

Dalam perhitungan *Naive Bayes* ini, peneliti menggunakan 10 data sebagai sampel untuk pengujian dan 40 data responden untuk pelatihan, di mana responden yang merasa puas (P) berjumlah

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

32, sedangkan yang tidak puas (TP) berjumlah 8. Berikut adalah perhitungan manual *Naive Bayes* untuk 10 data pengujian (*testing*), Berdasarkan kumpulan data pada Tabel 1 , langkah pertama adalah menghitung jumlah dan probabilitas masing-masing kategori. Cara menentukan berapa banyak probabilitas prior yang ada:$P(K|PS) = \frac{32}{40} = 0{,}8$ dan $P(K|TP) = \frac{8}{40} = 0{,}2$. Hitung nilai probabilitas untuk setiap kategori, tergantung pada data *training* yang berjumlah 40 data. Berikut adalah perhitungan untuk setiap kategori variabel, yang dilakukan hingga 10 kategori.

Tabel 2 Hasil untuk Probabilitas Kat a1

Kat : a1	P	TP	Probab.P	Probab.TP
Sangat Puas	8	0	0,25	0
Puas	16	0	0,5	0
Netral/Cukup	3	0	0,09375	0
Kurang Puas	5	8	0,15625	1,00
Sangat Tidak Puas	0	0	0	0
Jumlah	32	8	1,00	1,00

Proses selanjutnya adalah menghitung probabilitas untuk data pengujian (*testing*), di mana pada tahap ini, data uji yang terdiri dari 10 responden digunakan untuk proses perhitungan berdasarkan tabel data pengujian (*testing*). Berikut adalah perhitungan untuk responden 1, yang dilakukan hingga responden 10: Probabiltas data *testing* R1

$$P(R1|PS) = P(Xa1 = SP|PS) \times (Xa2 = P|PS) \times (Xa3 = C|PS) \times (Xa4 = C|PS) \times (Xa5 = P|PS) \times (Xa6 = P|PS) \times (Xa7 = SP|PS) \times (Xa8 = SP|PS) \times (Xa9 = P|PS) \times (Xa10 = P|PS)$$

$$P(R1|PS) = 0{,}25 \times 0{,}625 \times 0{,}25 \times 0{,}28125 \times 0{,}6875 \times 0{,}65625 \times 0{,}5 \times 0{,}40625 \times 0{,}46875 \times 0{,}5 = 0{,}000235976$$

$$P(R1|TP) = P(Xa1 = SP|TP) \times (Xa2 = P|TP) \times (Xa3 = C|TP) \times (Xa4 = C|TP) \times (Xa5 = P|TP) \times (Xa6 = P|TP) \times (Xa7 = SP|TP) \times (Xa8 = SP|TP) \times (Xa9 = P|TP) \times (Xa10 = P|TP)$$

$$P(R1|TP) = 0 \times 0{,}125 \times 0{,}625 \times 0{,}5 \times 0{,}5 \times 0{,}625 \times 0 \times 0 \times 0{,}75 \times 0{,}75 = 0$$

Setelah nilai perhitungan dari responden 1 hingga 10 diperoleh, langkah berikutnya adalah menghitung probabilitas akhir untuk menentukan nilai tertinggi dari setiap klasifikasi dalam data uji tersebut. Selanjutnya, lakukan perbandingan antara nilai puas dan tidak puas. Perhitungan ini dilakukan hingga mencapai 10 responden.

$$P(Puas|K) = P(Kn|D) \times P(PS) = P(1|D) \times P(PS) = 0{,}000235976 \times 0{,}8 = 0{,}0001887808$$

$$P(Tidak\ Puas|K) = P(Kn|D) \times P(TP) = P(1|D) \times P(TP) = 0 \times 0{,}2 = 0$$

$$R1 = PS \geq TP = 0{,}0001887808 \geq 0$$

Perhitungan dilakukan terhadap sepuluh responden, seperti terlihat pada data uji dari responden satu sampai sepuluh, dan hasil perbandingan nilai ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

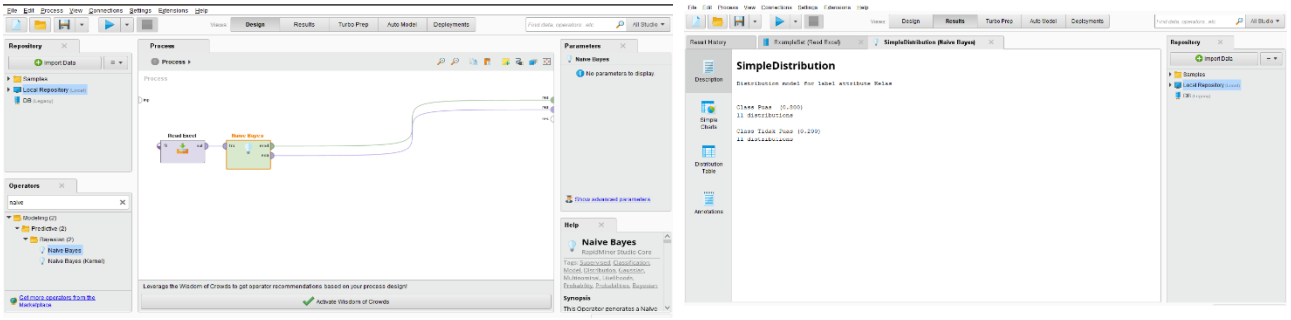
Tabel 3 Hasil Perbandingan Nilai

No.	Puas	Tidak Puas	Kelas
1	0,0001887808	0	Puas
2	0,0003675784	0	Puas
3	0,0003775624	0	Puas
4	0,0015102512	0	Puas
5	0	1,314282416	Tidak Puas
6	0,0003303672	0	Puas
7	0,000392084	0	Puas
8	0,0006864776	0	Puas
9	0,0003775624	0	Puas
10	0	1,1265277862	Tidak Puas

Berdasarkan Tabel 3, terdapat 8 alternatif prediksi yang termasuk dalam kelas puas dan 2 alternatif yang tergolong dalam kelas tidak puas, yang merupakan hasil dari perhitungan manual probabilitas akhir untuk seluruh data uji.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

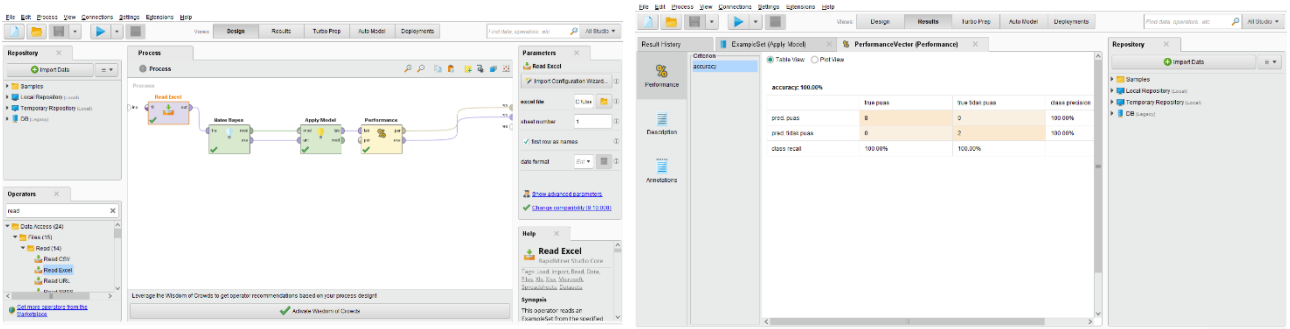
Berdasarkan langkah-langkah dalam perhitungan manual, Langkah berikutnya adalah menjalankan pengujian dengan perangkat lunak *RapidMiner Studio 9.10*, yang akan dibahas secara rinci di bawah. Proses pengujian untuk probabilitas sebelumnya dilakukan dengan mengimpor data pelatihan (*training*) yang berjumlah 40, yang akan diolah menggunakan *RapidMiner*. Untuk mengetahui nilai klasifikasi kelas puas dan tidak puas perhatikan gambar 1 (a). Berikut ini adalah proses pengolahan data menggunakan *Naive Bayes* di *RapidMiner*. Jumlah data untuk kelas puas dan tidak puas ditentukan menggunakan Distribusi Sederhana yang disajikan pada gambar 1 (b). Nilai klasifikasi untuk kelas puas adalah 0,8, sedangkan kelas tidak puas mendapat nilai 0,2.



(a) (b)

Gambar 1: (a) Pemodelan Data *Training*; (b) Pengujian Probabilitas Prior

Data diuji menggunakan program *RapidMiner Studio 9.10*. Model ini akan digunakan untuk menilai keakuratan prediksi berdasarkan data yang diberikan oleh para peneliti. Untuk memprediksi tingkat kepuasan pasien di RSU Haji Medan, maka dilakukan proses pemodelan validasi data pengujian. Proses ini menentukan hasil akhir, yaitu jumlah pasien yang puas dan tidak puas.



(a) (b)

Gambar 2. (a) Pemodelan Proses Data *Testing*; (b) *Accuracy Performance*

Berdasarkan data *testing* yang telah di olah pada *RapidMiner*, hasil pengujian menunjukkan akurasi sebesar 100%. Ini menunjukkan bahwa terdapat 8 record yang prediksinya puas dan sesuai dengan kenyataan. Sementara itu, tidak ada *record* untuk prediksi tidak puas yang sesuai dengan kenyataan. Selain itu, tidak ada *record* untuk prediksi puas yang kenyataannya tidak puas. Sementara itu, prognosis ketidakpuasan dan realitas ketidakbahagiaan sebenarnya memiliki 2 *record*.

Tabel 4 Hasil Klasifikasi

Resp	Kelas	Prediksi	Akurasi
1	Puas	Puas	Sesuai
2	Puas	Puas	Sesuai
3	Puas	Puas	Sesuai
4	Puas	Puas	Sesuai
5	Tidak Puas	Tidak Puas	Tidak Sesuai
6	Puas	Puas	Sesuai
7	Puas	Puas	Sesuai
8	Puas	Puas	Sesuai

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

9	Puas	Puas	Sesuai
10	Tidak Puas	Tidak Puas	Tidak Sesuai

Tabel diatas menunjukkan hasil dari pengujian menggunakan *RapidMiner*. Hasil prediksi menunjukkan bahwa jumlah pasien yang diprediksi puas dan sesuai dengan data sebenarnya adalah 8, sedangkan untuk prediksi tidak puas yang sesuai dengan kenyataan terdapat 2. Dari tabel menunjukkan bahwa hasil perhitungan manusia dan pengujian *RapidMiner* menggunakan pendekatan *Naive Bayes* konsisten.

KESIMPULAN

Penerapan metode Naive *Bayes* dalam memprediksi hasil dari kategori kepuasan pasien terbukti efektif. Data *mining* membantu dalam penerapan metode *Naive Bayes* dalam memperoleh hasil klasifikasi kepuasan pasien. Kumpulan data yang yang dibagi menjadi 40 data *training* dan 10 data *testing*. Berdasarkan hasil dengan menggunakan pendekatan *Naive Bayes* diperoleh akurasi 100% dari hasil pengujian yang nilai *precision* yaitu 100% dan nilai *recall* mencapai 100%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih terutama penulis tujukan kepada seluruh pihak yang terlibat dan memberikan saran dalam penyusunan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Harfika, J., & Abdullah, N. (2017). Pengaruh Kualitas Pelayanan Dan Fasilitas Terhadap Kepuasan Pasien Pada Rumah Sakit Umum Kabupaten Aceh Barat Daya. *Jurnal Balance*, *44*(1), 44–56.

Manalu, E., Sianturi, F. A., & Manalu, M. R. (2017). Penerapan Algoritma Naive Bayes Untuk Memprediksi Jumlah Produksi Barang Berdasarkan Data Persediaan dan Jumlah Pemesanan Pada CV . Papa dan Mama Pastries. *Mantik Penusa*, *1*(2).

Putra, D., & Wibowo, A. (2020). Prediksi Keputusan Minat Penjurusan Siswa SMA Yadika 5 Menggunakan Algoritma Naïve Bayes. *Prosiding Seminar Nasional Riset Dan Information Science (SENARIS)*, *2*, 84–92.

Risda Nur Ainum. (2022). Klasifikasi Buku Perpustakaan menggunakan Metode Naive Bayes. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer Vol. 6, No. 8 Hlm. 3726-3732*, *6*(8), 3726–3732.

Riyanah, N., & Fatmawati, F. (2021). Penerapan Algoritma Naive Bayes Untuk Klasifikasi Penerima Bantuan Surat Keterangan Tidak Mampu. *JTIM : Jurnal Teknologi Informasi Dan Multimedia*, *2*(4), 206–213. https://doi.org/10.35746/jtim.v2i4.117

Saleh, D., Wahdania, & Fatmawati. (2015). Indeks Kepuasan Pasien Terhadap Pelayanan Rumah Sakit Umum daerah (RSUD) Kabupaten Polewali Mandar. *Jurnal Administrasi Publik*, *1*(1), 61–70.

Soumokil, Y., Syafar, M., & Yusuf, A. (2021). Analisis Kepuasan Pasien Di Rumah Sakit Umum Daerah Piru. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*, *10*(2), 543–551. https://doi.org/10.35816/jiskh.v10i2.645

Muslimin, M. d. (2020). Pengaruh Kualitas Pelayanan Terhadap Kepuasan Pasien Pada Rumah Sakit Umum Daerah Kota Cilegon. *JIMKES (Jurnal Ilmiah Manajemen Kesatuan)*, pp. 39-46.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Penerapan Rantai Markov dalam Menganalisis Tingkat Persaingan Ojek *Online*

Annisa Nurul Saputri[1*], Arnah Ritonga[2]
[1,2] *Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:anisanursyahputri@gmail.com*

Abstrak, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat persaingan penggunaan aplikasi ojek online dan prediksi pangsa pasar mendatang. Jenis penelitian ini bersifat kuantitatif dengan menggunakan data penggunaan tahun 2023 dan 2024 melalui kuesioner yang disebar kepada 200 mahasiswa-mahasiswi Universitas Negeri Medan. Data dikumpulkan dan dianalisis menggunakan metode rantai markov untuk menemukan proporsi tingkat persaingan ojek online yaitu Gojek, Grab, Maxim, dan Indrive dengan probabilitas perpindahan pelanggan hingga keadaan seimbang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat persaingan dalam industri ojek online, dengan pengguna terbanyak yaitu Gojek 33% dengan alasan terbanyak penggunaan karena promosi dan diskon, ketersediaan di lokasi tertentu, dan kemudahan penggunaan aplikasi, disusul Indrive 32% dengan alasan penggunaan terbanyak karena harga tarif dan kemudahan penggunaan aplikasi, Grab 29,5% dengan alasan penggunaan terbanyak karena kualitas layanan, dan Maxim 5,5% dengan alasan penggunaan terbanyak karena harga tarif. Prediksi pangsa pasar ojek online berada dalam keadaan seimbang pada periode 12 atau 2036 dengan nilai probabilitas terbesar yaitu dipimpin Gojek 33,22%, Indrive 32,74%, Grab 29,88%, dan Maxim 4,16%.
Kata kunci: Rantai Markov, Tingkat Persaingan, Perpindahan Pelanggan, Aplikasi Ojek Online

Abstract, *this research aims to determine the level of competition in the use of online motorcycle taxi applications and predict future market share. This type of research is quantitative using usage data for 2023 and 2024 through questionnaires distributed to 200 Medan State University students. Data was collected and analyzed using the Markov chain method to find the proportion of online motorcycle taxi competition levels, namely Gojek, Grab, Maxim, and Indrive with the possibility of customer movement until a state of balance. The results of the research show that the level of competition in the online motorcycle taxi industry, with the largest number of users, namely Gojek, is 33%, with the majority of usage being due to promotions and discounts, availability in certain locations, and ease of use of the application, followed by Indrive 32%, with the majority of usage being due to fare prices and convenience. use of the application, Grab 29,5% with the highest reason for use being the quality of service, and a maximum of 5.5% with the greatest reason for use being the price of the fare. The prediction for the online motorcycle taxi market will be in a balanced state in the 12th period or 2036 with the largest probability value, namely led by Gojek 33,22%, Indrive 32,74%, Grab 29,88%, and Maxim 4,16%.*
Keywords*: Markov Chain, Level of Competition, Customer Switching, Online Motorcycle Taxi Applications*

Citation : Saputri, A. N., & Ritonga, A. (2024). Penerapan Rantai Markov dalam Menganalisis Tingkat Persaingan Ojek Online. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 844 – 852.

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi meningkatkan adanya inovasi dalam bidang transportasi, terkhusus dalam penyediaan jasa pengangkutan yang efektif dan efisien untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Di negara Indonesia, ojek yang merupakan suatu jasa transportasi dengan menggunakan sepeda motor yang dinilai mampu menjadi transportasi publik alternatif karena dapat mengangkut orang dari tempat yang satu ke tempat lainnya dengan cepat dan dengan biaya yang relatif terjangkau. Dengan adanya

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

perkembangan teknologi dan transportasi di era digital seperti saat ini, ojek konvensional telah bertransformasi menjadi ojek online, suatu jasa transportasi yang menggunakan layanan aplikasi online sebagai media pemesanannya (Tasya & Sabrie, 2019).

Sedikit melihat sejarah munculnya ojek online pertama kali di Indonesia, dipelopori oleh gojek yang berdiri pada tahun 2010, setelahnya disusul oleh grab pada tahun 2014, maxim pada tahun 2018, dan indrive pada tahun 2019. Ojek online kini telah menjadi gaya kehidupan perkotaan modern, yang tidak dipungkiri hampir seluruh aktivitas transportasi didominasi oleh layanan ojek online. Peristiwa ini menjadi langkah revolusioner di abad ini, uniknya harga dan standar pelayanan yang diberikan cukup terjaga sehingga popularitas ojek online lebih diminati (Anggraeni, 2020).

Ojek online menjadi booming dan sangat popular saat ini, dengan banyak sekali layanan aplikasi yang muncul di pasar transportasi dengan memberikan kualitas dan layanan yang sama (Onibala dkk, 2020). Penyedia layanan memberikan kualitas dan layanan yang sama ini menyebabkan adanya persaingan untuk mendapatkan perhatian pengguna. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis persaingan ojek online untuk melihat pola perpindahan pelanggan antar merek, serta melihat bagaimana market share atau pangsa pasar ojek online di periode yang akan datang. Persaingan ini menuntut agar perusahaan memiliki kemampuan untuk cepat beradaptasi terhadap perubahan yang terjadi sehingga perusahaan akan terus mampu bersaing dengan kompetitornya. Berdasarkan hal ini, diperlukan pemecahan masalah untuk memprediksi tingkat persaingan ojek online, salah satu metode analisis yang dapat digunakan dalam kasus ini yaitu metode rantai markov (Baco dkk, 2019).

Analisis persaingan dapat menggunakan beberapa metode matematika, seperti Analisis Simulasi Monte Carlo, dan Rantai Markov. Taksiran terkait tingkat persaingan/ perpindahan merk bisa dikerjakan dengan menerapkan metode Rantai Markov. Dikarenakan Rantai Markov memiliki kelebihan dibandingkan metode monte carlo, yakni menurut penelitian yang dilakukan oleh Suratinoyo, Pongoh, dan Langi yang berjudul ”Analisis Rantai Markov Terhadap Pola Perpindahan Konsumen Pasar Swalayan di Kota Manado dengan Penilaian Pasar Swalayan menggunakan Metode SAW” dikatakan bahwa Rantai Markov tidak memerlukan data masa lampau karena memiliki sifat dimana kejadian di masa lampau tidak mempengaruhi kejadian di masa yang akan datang apabila kejadian saat ini diketahui (Suratinoyo dkk, 2019), sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Riani, Fakhrian, dan Chrismikha yang berjudul “Sistem Prediksi Jumlah Mahasiswa Baru Menggunakan Metode Simulasi Monte Carlo” dikatakan bahwa metode monte carlo memerlukan data masa lampau untuk menganalisis dan memprediksi hasil di masa depan (Lubis dkk, 2023). Oleh karena itu untuk menganalisis tingkat persaingan ojek online/perpindahan pelanggan tanpa menggunakan data lampau, peneliti menggunakan metode rantai markov. Hal tersebut diperkuat dengan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Trio, Said, dan Arifin pada penelitian yang berjudul “Implementasi Markov Chain untuk Prediksi Kasus Penderita Demam Berdarah Dengue di Kabupaten Bengkalis” dikatakan bahwa, metode rantai markov terbukti memiliki akurasi tinggi, hasil mudah dimengerti, perhitungan yang sederhana dan mampu diandalkan (Laksono dkk, 2021).

Rantai Markov adalah proses stokastik yang menggambarkan urutan kejadian dimana pribabilitas setiap kejadian hanya bergantung pada keadaan sebelumnya. Penerapan Rantai Markov bermula pada ilmu-ilmu pengetahuan fisik. Teknik ini mula-mula digunakan untuk menganalisis dan memperkirakan perilaku partikel-partikel gas dalam suatu wadah (*container*) tertutup serta meramal keadaan cuaca (Masuku dkk, 2018). Rantai markov yang merupakan peralatan riset operasi dalam rangka pengambilan keputusan manajerial, diaplikasikan guna melakukan penganalisisan terhadap

perpindahan merek dalam pemasaran, perencanaan penjualan, masalah-masalah persediaan, antrian dan perubahan harga pasar saham (Sudarwono, 2021).

Luasnya penerapan dalam rantai markov sebagai jembatan dalam memprediksi kejadian yang mungkin terjadi dimasa datang, salah satunya brand switching. Brand switching merupakan metode yang banyak diimplementasikan dalam permasalahan yang ada yaitu menganalisis perpindahan merek. Perpindahan merek sering terjadi karena pelanggan merasa tidak puas dengan pelayanan perusahaan, harga yang terlalu mahal, dan persaingan promosi. Hal tersebut menjadi ancaman bagi perusahaan karena perilaku brand switching yang membanding-bandingkan perusahaan satu dengan yang lainnya, atau salah satu pelanggan merekomendasikan kepada orang lain terkait perusahaan yang dipercaya (Andini & Astuti, 2021).

Rantai Markov adalah alat matematika yang mampu memodelkan perubahan status atau keadaan dari waktu ke waktu. Rantai Markov memiliki kelebihan untuk memprediksi perilaku yang bertransisi sehingga dapat menggambarkan bagaimana keputusan hasil persaingan dimasa yang akan datang. Ini merupakan teknik matematika yang biasa digunakan untuk memodelkan sistem dan proses bisnis. Teknik ini dapat digunakan untuk memodelkan sistem dan proses bisnis. Teknik ini dapat digunakan untuk memperkirakan perubahan-perubahan di masa yang akan datang dalam variabel-variabel dinamis berdasarkan perubahan variabel-variabel tersebut pada waktu lampau (Nurhamidin & Hamim, 2021). Dari kelebihan Rantai Markov tersebut, disesuaikan dengan apa yang akan diteliti yakni untuk melihat bagaimana perpindahan pelanggan untuk mengetahui tingkat persaingan ojek online, serta memprediksi bagaimana pangsa pasar ojek online pada masa yang akan datang. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat persentase persaingan pengguna aplikasi ojek online dengan probabilitas perpindahan pelanggan, dan pangsa pasar pada periode mendatang dengan menggunakan metode Rantai Markov.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Universitas Negeri Medan, Sumatera Utara dengan waktu penelitian selama 2 bulan yaitu sedari bulan Juli 2024 hingga Agustus 2024. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif, dimana penelitian ini dilakukan untuk mempelajari suatu fenomena dengan mengumpulkan data yang dapat diukur dan dihitung dengan matematika. Metode penelitian kuantitatif yang digunakan yaitu metode survey yang menangkap atau mengumpulkan data informasi tentang populasi yang benar dan didapat dari responden dengan menggunakan kuesioner. Populasi dalam penelitian ini adalah mahasiswa/i Universitas Negeri Medan yang merupakan pengguna dari jasa layanan transportasi ojek online, dengan sampel sebanyak 200 mahasiswa/i Jurusan Matematika, Kimia, Fisika, Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Medan Sumatera Utara.

Berikut adalah prosedur penelitian yang akan dilakukan; (1) identifikasi masalah; (2) mengumpulkan data; (3) data processing, menghapus data yang tidak sesuai pada kriteria petunjuk pengisian dengan memilih data yang layak untuk digunakan; (4) uji validitas dan reliabilitas data kuesioner. Uji validitas dilakukan dengan menggunakan persamaan (1) yakni persamaan *product moment* , Dimana; $r_{xy} = \text{koefisien korelasi}$; $n = \text{jumlah sampel}$; $X = \text{skor variabel}$; $Y = \text{skor total dari variabel}$ dan Jika nilai $r_{hitung} \geq r_{tabel}$ maka, kuesionernya dinyatakan valid, sebaiknya jika $r_{hitung} < r_{tabel}$ maka, kuesionernya dinyatakan tidak valid. Kemudian uji reliabilitas menggunakan persamaan (2) persamaan Cronbach Alpha. Dimana $\alpha =$

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

koefisien reliabulitas (croncbach alpha); k = jumlah item; s_x^2 = varians skor. Jika cronbach alpha $> 0{,}5$ maka kuesioner yang disajikan reliabel atau konsisten, sebaliknya jika cronbach alpha $< 0{,}5$ maka kuesioner yang disajikan tidak reliabel atau tidak konsisten.

$$r_{xy} = \frac{n(XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n(\sum X^2) - (\sum X)^2][n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2]}} \quad (1)$$

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1}\right]\left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} s_i^2}{s_x^2}\right] \quad (2)$$

Penentuan state berurut Gojek, Grab, Maxim, dan Indrive, mengelompokkan perpindahan pelanggan dengan membentuk tabel 1 perpindahan masing-masing state. Asumsi-asumsi yang harus dipenuhi; (1) probabilitas transisi keadaan harus berjumlah 1; (2) probabilitas kejadian pada masa yang akan datang tidak bergantung pada probabilitas kejadian masa lampau, tetapi dalam prosesnya hanya bergantung pada probabilitas kejadian masa sekarang; dan (3) nilai peluang transisi dari suatu status ke status lain selalu bersifat tetap (stasioner), dan tidak berubah menurut waktu (Baco dkk, 2019).

Tabel 1. Perpindahan Pelanggan

State	Gojek	Grab	Maxim	Indrive
Gojek	$p_{00}^{(n)}$	$p_{01}^{(n)}$	$p_{02}^{(n)}$	$p_{03}^{(n)}$
Grab	$p_{10}^{(n)}$	$p_{11}^{(n)}$	$p_{12}^{(n)}$	$p_{13}^{(n)}$
Maxim	$p_{20}^{(n)}$	$p_{21}^{(n)}$	$p_{22}^{(n)}$	$p_{23}^{(n)}$
Indrive	$p_{30}^{(n)}$	$p_{31}^{(n)}$	$p_{32}^{(n)}$	$p_{33}^{(n)}$

Dari tabel 1. membuat matriks probabilitas transisi seperti matriks P_{ij}. Probabilitas transisi pada tiap-tiap state, menggunakan persamaan (3). Selanjutnya membentuk vektor keadaan awal $\pi = [\pi_0 \quad \pi_1 \quad \pi_2 \quad \pi_3]$ dan mengalikannya dengan Matriks $P_{ij.}$ Proses markov akan menuju pada keadaan *steady state* (keseimbangan), yang artinya ialah setelah proses berjalan dengan beberapa periode, probabilitas *state* akan bernilai tetap dan ini dinamakan probabilitas *steady state.* Untuk menghitung hingga kondisi *steady state* memerlukan bantuan software R-Studio, dengan syntax. Selanjutnya menghitung pangsa pasar pada periode selanjutnya. Pangsa pasar periode selanjutnya didapatkan melalaui perhitungan transisi n-langkah apabila kondisi sudah stabil atau *steady state.*

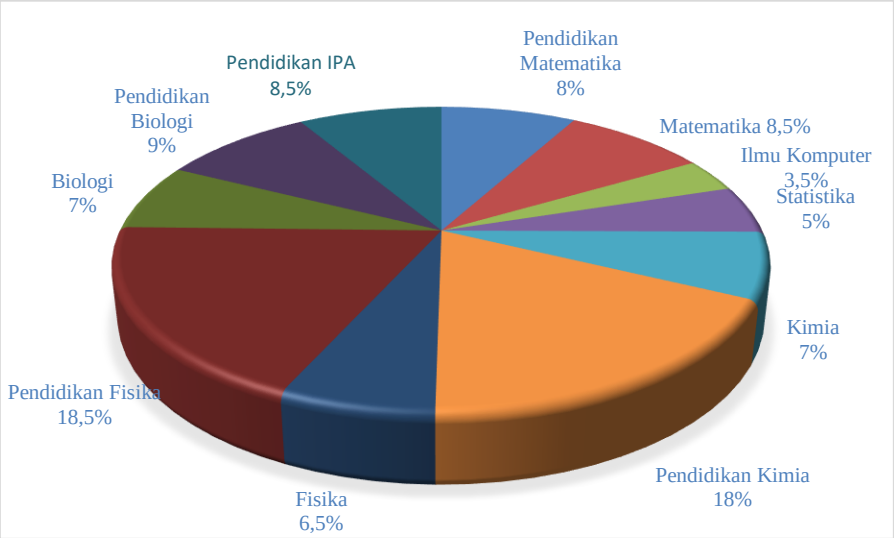
$$p_{ij} = \frac{n_{ij}(t)}{n_i(t)} \quad (3)$$

$$[\pi_n] = [\pi_0 \quad \pi_1 \quad \pi_2 \quad \pi_3] \times \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & P_{02} & P_{03} \\ P_{10} & P_{11} & p_{12} & P_{13} \\ P_{20} & p_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{30} & P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{bmatrix}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

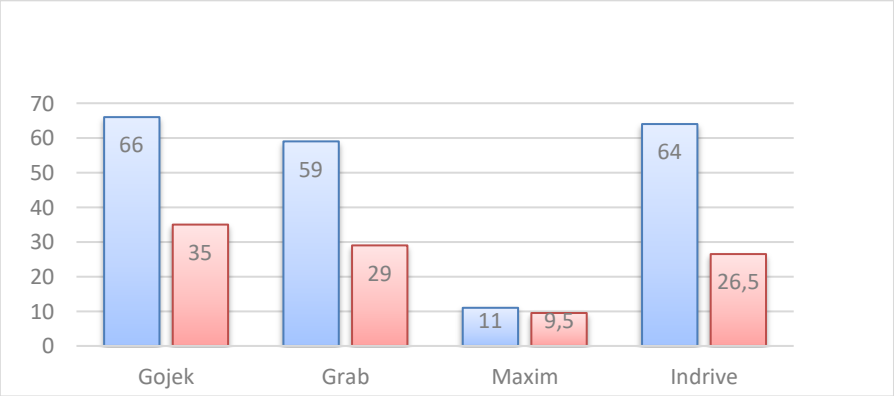
Karakteristik responden pada penelitian ini terlampir pada kuesioner dengan pertanyaan identitas diri berupa nama, jenis kelamin, program studi, stambuk, serta aplikasi layanan transportasi ojek online yang digunakan pada tahun 2023 dan 2024. Pengguna layanan transportasi ojek *online* Gojek, Grab, Maxim, dan Indrive banyak digunakan oleh kalangan perempuan dengan total persentase sebesar 86% atau 172 responden, sedangkan persentase penggunaan dari kalangan laki-laki yaitu sebesar 14% atau 28 responden. Dalam pengambilan data pada sampel yaitu mahasiswa/i FMIPA Universitas Negeri Medan, dengan proporsi pengambilan 50% melalui 4 jurusan di FMIPA UNIMED, dengan data yang diperoleh responden Seperti pada gambar 1.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan



Gambar 1. Persentase Program Studi Responden

Dari gambar 1 diperoleh bahwa pengguna layanan transportasi ojek online Gojek, Grab, Maxim, dan Indrive dikalangan mahasiswa/i FMIPA Universitas Negeri Medan banyak digunakan oleh mahasiswa Pendidikan Fisika dengan persentase 18,5% atau 37 responden, disusul oleh Pendidikan Kimia dengan persentase 18% atau 36 responden, kemudian pendidikan biologi dengan persentase 9% atau 18 responden, digunakan oleh mahasiwa matematika dan Pendidikan IPA masing-masing 8,5% atau 17 responden, Pendidikan matematika 8% atau 16 responden, Biologi 7% atau 15 responden, Kimia 7% atau 14 responden, Fisika 6,5% atau 13 responden, Statistika 5% atau 10 responden, Ilmu komputer 3,5% atau 7 responden. Kemudian pengguna layanan transportasi ojek *online* Gojek, Grab, Maxim, dan Indrive banyak digunakan oleh stambuk 2020 dengan persentase 35% atau 70 responden, stambuk 2023 28% atau 56 responden, kemudian stambuk 2022 dengan persentase 26,5% atau 53 responden, dan stambuk 2021 dengan persentase 10,5% atau 21 responden.



Gambar 2. Aplikasi Layanan Ojek Online 2023 dan 2024.

Aplikasi layanan ojek online yang digunakan saat ini (2024), mahasiswa/i FMIPA Universitas Negeri Medan saat ini (tahun 2024) banyak menggunakan layanan transportasi ojek online Gojek dengan persentase 33% atau 66 responden, disusul Indrive dengan persentase 32% atau 64 responden, kemudian Grab dengan persentase 29,5% atau 59 responden, kemudian yang menggunakan maxim yaitu 5,5% atau 11 responden. Sedangkan pengguna aplikasi layanan ojek online ahun 2023 banyak menggunakan layanan transportasi ojek online Gojek dengan persentase 35% atau 70 responden, disusul Grab dengan persentase 29% atau 58 responden, kemudian Indrive dengan persentase 26,5% atau 53 responden, kemudian yang menggunakan maxim yaitu 9,5% atau 19 responden.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Penggunaan layanan transportasi ojek online Gojek, Grab, Maxim, dan Indrive dikarenakan alasan Kualitas layanan ojek online dengan persentase 27,5% atau 55 responden, yang menggunakan dikarenakan alasan Harga tarif yaitu 26% atau 52 responden, kemudian dikarenakan Promosi dan diskon yaitu besar persentase 25,5% atau 51 responden, kemudian yang menggunakan dengan alasan Ketersediaan ojek online di lokasi tertentu yaitu 12,5% atau 25 responden, dan yang menggunakan dengan alasan kemudahan penggunaan aplikasi yaitu 8,5% atau 17 responden.

Uji instrument data dalam penelitian ini adalah menggunakan uji validitas dan uji reliabilitas untuk memastikan bahwa instrument tersebut merupakan alat ukur yang akurat dan dapat dipercaya. Jumlah responden yang diambil sebanyak 200 orang. Instrumen validitas berhubungan dengan kesesuaian dan sebuah ketepatan fungsi alat ukur yang akan digunakan. Uji validitas adalah prosedur untuk memastikan apakah kuesioner yang akan dipakai untuk mengukur variabel penelitian valid atau tidak. Kuesioner dikatakan valid apabila dapat mempresentasikan atau mengukur apa yang hendak diukur. Dengan kata lain validitas adalah ukuran yang menunjukkan kevalidan dari suatu instrument yang telah ditetapkan.

Tabel 2. Hasil Uji Validitas Corelation Pearson

No.	Alasan Penggunaan	R hitung	R Tabel	Keterangan
1.	Ketersedian di lokasi tertentu	0,751	0,1166	Valid
2.	Kualitas layanan	0,810	0,1166	Valid
3.	Promosi dan diskon	0,867	0,1166	Valid
4.	Harga tarif	0,799	0,1166	Valid
5.	Kemudahan penggunaan aplikasi	0,861	0,1166	Valid

Berdasarkan tabel di atas didapatkan bahwa alasan pengguna dari 1-5 adalah valid, karena nilai dari $r_{hitung} > r_{tabel}$ dengan perhitungan r_{tabel} dari 200 responden yaitu 0,1166 dengan tingkat signifikansi sebesar 5%.

Kemudian untuk uji reliabilitas digunakan untuk menguji konsistensi sebuah penelitian. Makin kecil kesalahan pengukuran maka makin reliabel alat pengukur. Dalam penelitian ini, setelah memperoleh nilai alpha maka selanjutnya adalah membandingkan nilai hubungan jumlah butir pertanyaan dengan reliabilitas instrument. Penelitian ini menggunakan 25 butir pertanyaan maka untuk nilai $Cronbach\ alpha > 0{,}50$ maka artinya instrument layak dan dapat digunakan. Berdasarkan hasil perhitunngan didapatkan bahwa alasan pengguna dari 1-5 adalah reliabel, karena nilai dari *Cronbach Alpha* dari ke 5 variabel semua memiliki nilai $> 0{,}5$.

Berdasarkan data yang berhasil dikumpulkan melalui penyebaran kuesioner, diperoleh data penggunaan layanan transportasi ojek online yang digunakan saat ini; (1) Gojek dengan 66 pengguna; (2) grab dengan 59 pengguna; (3) Maxim dengan 11 pengguna; dan (4) indrive dengan 64 pengguna. Dari data tersebut dilihat perpindahan penggunaan layanan transportasi ojek online yang dilakukan oleh responden, dimana sebelumnya responden juga menggunakan layanan ojek online yang berbeda dari yang digunakan saat ini. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan alasan-alasan tertentu. Berikut data perpindahan pengguna layanan transportasi ojek online yang diperoleh dari penyebaran kuesioner.

Perpindahan penggunaan layanan transportasi ojek online yang dilakukan oleh responden dikarenakan terdapat beberapa alasan dalam melakukan perpindahan penggunaan layanan ojek online, secara rinci dapat dilihat pada tabel 4. Sedangkan untuk alasan responden berpindah memilih ojek lain saat ini secara rinci dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Alasan Responden Berpindah Memilih Ojek Online yang saat ini

Alasan Memilih Ojek Online	Gojek	Grab	Maxim	Indrive
Ketersediaan ojek online	13	7	0	5

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Kualitas layanan ojek online	17	25	1	13
Promosi dan diskon	27	19	1	4
Harga tarif	2	6	8	35
Kemudahan menggunakan aplikasi	7	3	0	7
Jumlah	66	60	10	64

Dapat dilihat bahwa ada terdapat banyaknya orang yang melakukan peralihan yaitu sebanyak 118 dari 200 responden, dan terdapat sebanyak 82 dari 200 responden yang masih setia menggunakan layanan transportasi yang sama.

Tabel 4. Pola Perpindahan Penggunaan Layanan Transportasi Ojek Online

		Mendapat dari					
	Layanan Ojek Onine	Gojek	Grab	Maxim	Indrive	Kehilangan	Tahun 2023
Beralih ke	Gojek	**31**	14	3	22	**39**	**70**
	Grab	15	**25**	2	16	**33**	**58**
	Maxim	4	5	**5**	5	**14**	**19**
	Indrive	16	15	1	**21**	**32**	**53**
	Perolehan	**35**	**34**	**6**	**43**	**118**	
	Tahun 2024	**66**	**59**	**11**	**64**		**200**

Perpindahan penggunaan layanan transportasi ojek online yang dilakukan oleh responden dapat kita hitung dengan probabilitas transisi menggunakan persamaan (3) dan data perhitungan probabilitas diambil dari tabel 4 dan propoabilitas transisi dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel *5*. Probabilitas Transisi Penggunaan Layanan Transportasi Ojek Online

		Ke			
	Layanan Ojek Online	Gojek	Grab	Maxim	Indrive
Dari	Gojek	**0,443**	0,200	0,043	0,314
	Grab	0,259	**0,431**	0,034	0,276
	Maxim	0,211	0,263	**0,263**	0,263
	Indrive	0,302	0,283	0,019	**0,396**
	Market share saat ini	**0,330**	**0,295**	**0,055**	**0,320**

Tahapan Selanjutnya adalah menghitung pangsa pasar periode mendatang menggunakan matriks probabilitas transisi dengan data pada tabel 5 dan vektor state dari probablitas pangsa pasar $C(0) = [0{,}330 \quad 0{,}295 \quad 0{,}055 \quad 0{,}320]$, maka perhitungan pangsa pasa pada tahun mendatang (2025) ditulis sebagai berikut.

$$C(1) = [0{,}330 \quad 0{,}295 \quad 0{,}055 \quad 0{,}320] \times \begin{bmatrix} 0{,}443 & 0{,}200 & 0{,}043 & 0{,}314 \\ 0{,}259 & 0{,}431 & 0{,}034 & 0{,}276 \\ 0{,}211 & 0{,}263 & 0{,}263 & 0{,}263 \\ 0{,}302 & 0{,}283 & 0{,}019 & 0{,}396 \end{bmatrix}$$

$$C(1) = [0{,}33084 \quad 0{,}29817 \quad 0{,}044765 \quad 0{,}326225]$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka didapat pangsa pasar pada periode 2025 untuk; Gojek (33,1%); Grab (29,8%); Maxim (4,5%) dan Indrive (32,6%). Dengan cara yang sama serta menggunakan data C(1) dan matriks probabilitas transisi akan diperoleh C(2) yang merupakan pangsa pasar 2026, dimana C(2) yang diperoleh,

$$C(2) = [0{,}3317535 \quad 0{,}2987741 \quad 0{,}04233537 \quad 0{,}327137]$$

Dimana hasil perhitungan tersebut diperoleh bahwa pada tahaun 2026, pangsa pasar, Gojek (33,2%); Grab (29,9%), Maxim (4,2%), dan Indrive (32,7%). Dan seterusnya untuk lebih lengkap prediksi pangsa pasar ojek online dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Pangsa Pasar Periode Selanjutnya

Layanan Transportasi Ojek Online	Gojek	Grab	Maxim	Indrive
Pangsa pasar 2025	0,33084	0,29817	0,044765	0,326225
Pangsa pasar 2026	0,3317535	0,2987741	0,04233537	0,327137
Pangsa pasar 2027	0,3320774	0,2988363	0,04177353	0,3273127
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pangsa pasar 2035	0.3322054	0,2988202	0,04160747	0,3273669
Pangsa pasar 2036	**0,3322054**	**0,2988202**	**0,04160745**	**0,3273669**
Pangsa pasar 2037	0,3322054	0,2988202	0,04160745	0,3273669

Berdasarkan hasil perhitungan dengan program R, diperoleh nilai probabilitas perpindahan pengguna layanan transportasi ojek onlime dari masing-masing layanan tranportasi ojek online akan konvergen ke satu nilai atau berada pada keadaan tetap (*steady state*) saat langkah ke 12. Vektor keadaan yang terbentuk pada iterasi ke 12 yakni sebagai berikut

$$A(11) = [0{,}3322054 \quad 0{,}2988202 \quad 0{,}04160745 \quad 0{,}3273669]$$

Pada pangsa pasar keadaan seimbang menunjukkan bahwa pangsa pasar;Gojek: 33,22054%; Grab: 29,88202%; Maxim: 4,160745%; dan Indrive: 32,73669%.

KESIMPULAN

Tingkat persaingan dalam industri ojek online berdasarkan probabilitas perpindahan pelanggan, dengan pengguna terbanyak yaitu gojek dengan proporsi 33% dengan alasan terbanyak penggunaan karena promosi dan diskon, ketersediaan di lokasi tertentu, dan kemudahan penggunaan aplikasi, disusul Indrive 32% dengan alasan penggunaan terbanyak karena harga tarif dan kemudahan penggunaan aplikasi, dan kemudahan penggunaan aplikasi, Grab 29,5% dengan alasan penggunaan terbanyak karena kualitas layanan, dan maxim 5,5% dengan alasan penggunaan terbanyak karena harga tarif. Prediksi pangsa pasar ojek online pada masing-masing aplikasi akan konvergen atau keadaan seimbang (*steady state*) pada periode 12 atau 2036 dengan nilai probabilitas terbesar yaitu gojek dengan persentase 0,3322054 atau 33,22%, grab 0,2988202 atau 29,88%, maxim 0,04160745 atau 4,16%, dan indrive 0,3273669 atau 32,73%. Dimana pada periode 12 atau tahun 2036 indutri ojek online masih tetap dipimpin oleh Gojek, disusul Indrive, Grab, dan Maxim.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada Ibu Arnah Ritonga, S.Si., M.Si. sebagai dosen pembimbing skripsi, serta kepada semua pihak yang telah berperan dalam memberikan bimbingan dan arahan, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga karya ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik. Semoga karya ilmiah ini memberikan manfaat bagi para pembacanya.

DAFTAR PUSTAKA

Tasya, A. A., & Sabrie, H. Y. (2019). Implementasi Sifat Hukum Pengangkutan Dalam Pelaksanaan Ojek Online. *Jurnal Perspektif*, 156-167. https://jurnal-perspektif.org/index.php/perspektif/article/view/746

Anggraeni, F. N. (2020). Survey Motivasi Kerja Driver Ojek Online Grab. *Scientific Journal Of Reflection*, 251-260. http://ojspustek.org/index.php/SJR/article/view/220

Onibala, J., Moniharapon, S., & Raintung, M. C. (2020). Analisis Perbandingan Kepuasan Pelanggan dan Kualitas Pelayanan Jasa Ojek Online Gojek dan Grab Bike . *EMBA*, 41-50. https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/emba/article/view/30438

Baco, E., Sauddin, A., & Bakri, N. (2019). Analisis Persaingan Industri Televisi Berbayar Menggunakan Rantai Markov (Studi Kasus: Pt. Indonusa Telemedia (Transvision) Versus Televisi Berbayar Lainnya Di Kota Makassar Tahun 2017). *Jurnal MSA (Matematika Dan Statistika Serta Aplikasinya)*, *7*(1), 18. https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/msa/article/view/8165

Suratinoyo, R. A., Pongoh, F. D., & Langi, Y. A. (2019). Analisis Rantai Markov terhadap Pola Perpindahan Konsumen Pasar Swalayan di Kota Manado dengan Penelitian Pasar Swalayan Menggunakan Metode Simple Additive Weight (SAW). *Jurnal Matematika dan Aplikasi*, 76-79. https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/decartesian/article/view/23920

Lubis, R., Adiwijaya, F. F., & Hardyanto, C. (2023). Sistem Prediksi Jumlah Mahasiswa Baru Menggunakan Metode Simulasi Monte Carlo. *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi*, 466-472. https://jurnal.untan.ac.id/index.php/justin/article/view/65206

Laksono, T., Rizaldi, S. T., & Arifin, M. (2021). Implementasi Markov Chain untuk Prediksi Kasus Penderita Demam Berdarah Dengue di Kabupaten Bengkalis. *Jurnal IRPI*, 17-23. https://journal.irpi.or.id/index.php/malcom/article/view/56

Masuku, F. N., Langi, Y. A., & Mongi, C. (2018). Analisis Rantai Markov untuk memprediksi perpindahan konsumen maskapai penerbangan rute manado-jakarta. *Jurnal Ilmiah Sains*, 75-79. https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/JIS/article/view/20495

Andini, R., & Astuti, Y. P. (2021). Penerapan Rantai Markov Dalam Menganalisis Persaingan Jasa Pengiriman Barang (Ekspedisi). *Jurnal Ilmiah Matematika*, *9*(2), 437–446.

Nurhamiddin, F., & Hamim, N. (2021). Analisis Perpindahan Penggunaan Merek Handphone Dikalangan Mahasiswa Dengan Rantai Markov (Studi Kasus Pada Mahasiswa UMMU Ternate Tahun 2017). *Jurnal BIOSAINTEK*, 20-31. https://www.jurnal.ummu.ac.id/index.php/BIOSAINSTEK/article/view/715

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pembangunan Python untuk menunjukkan Keakuratan Metode Modifikasi RK4 dibandingkan dengan Metode RK Merson untuk MNA

Erika Putri Fadluna[1*], Rendy Zikriansyah Fauzi Saragih[2], Raja Alamsyah[3], Yulita Molliq Rangkuti[4]
[1,2,3,4,]Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia
**Coresponding Author:erikapufaa@gmail.com*

Abstrak, artikel ini membahas tentang pembangunan script python untuk menunjukkan akurasi dari dua metode numerik, yaitu Metode Runge-Kutta yang Dimodifikasi (MRK) dan Metode Runge-Kutta-Merson di bawah generalisasi H-diferensiabilitas (RKM), dalam menyelesaikan masalah nilai awal. Fokus artikel ini adalah menentukan akurasi dan efisiensi dari kedua metode dalam lingkungan fuzzy, di mana ketidakpastian pada parameter diselesaikan menggunakan konsep Hukuhara-differentiability (gH). Hasil simulasi numerik menunjukkan bahwa metode MRK memberikan kecepatan konvergensi yang lebih cepat pada kondisi tertentu, dibandingkan dengan metode RKM tersebut. Kemudian Skrip Python yang dibangun menampilkan imputan fungsi, nilai awal, interval waktu dan ukuran langkah sehingga dari script tersebut dapat dimasukkan fungsi, nilai awal, interval waktu dan ukuran langkah lainnya sehingga script dapat dianalisis untuk mendapatian hasil yang optimal.
Kata kunci: Metode Runge-Kutta Modifikasi, Runge-Kutta Merson, Masalah Nilai Awal, Python

***Abstract**, this article discusses the development of a python script to demonstrate the accuracy of two numerical methods, namely the Modified Runge-Kutta Method (MRK) and the Runge-Kutta-Merson Method under generalized H-differentiability (RKM), in solving initial value problems. The focus of this article is to determine the accuracy and efficiency of both methods in a fuzzy environment, where uncertainty in parameters is resolved using the Hukuhara-differentiability (gH) concept. Numerical simulation results show that the MRK method provides a faster convergence speed under certain conditions, compared to the RKM method. Then the Python script that is built displays the function input, initial value, time interval and step size so that from the script the function, initial value, time interval and other step sizes can be entered so that the script can be analyzed to find optimal results.*
***Keywords**: Modified Runge-Kutta Method, Runge-Kutta Merson, Initial Value Problem, Python*

Citation : Fadluna, E. P., dkk. (2024). Pembangunan Python untuk menunjukkan Keakuratan Metode Modifikasi RK4 dibandingkan dengan Metode RK Merson untuk MNA. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 853 – 860

PENDAHULUAN

Penyelesaian masalah nilai awal secara akurat sangatlah penting, karena banyak aplikasinya, seperti pada proses reaksi-difusi, proses transportasi, dan dinamika kompetisi populasi dalam biologi. Secara keseluruhan, masalah nilai awal dapat berkaitan dengan berbagai bidang seperti fisika, kimia, biologi, maupun teknik(Mungkasi, 2014). Namun, sering kali masalah yang dimodelkan tidak memiliki solusi analitik yang mudah ditemukan, terutama jika terdapat ketidakpastian dalam parameter-parameter sistem. Dalam kasus seperti itu, metode numerik menjadi pilihan utama untuk mendekati solusi persamaan diferensial.

Berbagai peneliti telah mencoba memecahkan masalah nilai awal dalam persamaan diferensial biasa dengan cepat dan tepat menggunakan berbagai metode, seperti metode Euler, metode Euler yang dimodifikasi, serta metode Runge-Kutta, dan lainnya. Berbagai metode numerik telah

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dipertimbangkan untuk menyelesaikan masalah nilai awal pada persamaan diferensial biasa. Selain itu, penelitian ini juga mengeksplorasi solusi numerik dari masalah tersebut dengan menggunakan beragam teknik numerik.(Kamruzzaman, M., & Nath, 2018)

Salah satu teknik numerik yang terkenal untuk menyelesaikan persamaan diferensial adalah metode Runge-Kutta. Selain metode Runge-Kutta orde 4 (RK4) yang populer, terdapat juga varian lain dari metode Runge-Kutta yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah nilai awal. Beberapa di antaranya adalah metode Runge-Kutta orde lebih tinggi, seperti RK5 dan RK6, yang menawarkan akurasi lebih baik namun dengan biaya komputasi yang lebih tinggi (Fardinah, 2017). Metode RK orde 4 mempertahankan stabilitas, asalkan ukuran langkah h tidak menjadi terlalu besar.(Malarvizhi & Karunanithi, 2021)

Berbagai software telah banyak digunakan untuk menghitung metode Runge-Kutta, termasuk MATLAB (Sitorus et al. (2024)), Maple (Wahyuni et al. (2024)), Mathematica/Wolfram (Göktaş and Kapadia (2011)), dan Python (Davi et al. (2024)). Masing-masing software tersebut menawarkan alat-alat canggih untuk melakukan perhitungan numerik yang presisi. Dalam artikel ini, Python akan digunakan sebagai alat utama untuk menyelesaikan masalah nilai awal menggunakan metode Runge-Kutta. Python adalah bahasa pemrograman yang dikembangkan oleh Guido van Rossum pada tahun 1991. Python terkenal karena sintaksisnya yang sederhana dan kemampuannya dalam pemrosesan data, terutama dalam analisis numerik dan ilmiah.(Rochmawati, 2022). Python juga didorong oleh komunitas yang besar selain itu python juga memiliki banyak library yang sangat mendukung.(Alfarizi & Al-farish, 2023). Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang bersifat open-source dan mendukung berbagai pustaka ilmiah, seperti NumPy, SciPy, dan Matplotlib, yang sangat cocok untuk komputasi numerik. Artikel ini membicarakan tentang pembangunan script Python menentukan akurasi metode MRK terhadap metode RKM untuk masalah nilai awal serta menganalisis hasil dengan metode inputan yang dibangun.

METODE PENELITIAN

Metode Runge-Kutta yang Dimodifikasi (MRK) adalah variasi dari metode Runge-Kutta standar, yang merupakan metode iteratif untuk menyelesaikan persamaan diferensial. Metode ini memiliki tingkat akurasi yang tinggi karena menggunakan beberapa perhitungan pada setiap langkah iterasi untuk memperkirakan nilai dari solusi berikutnya.(van der Houwen et al., 1981) MRK, khususnya dalam bentuk orde keempat, sering kali digunakan karena memberikan keseimbangan yang baik antara akurasi dan kompleksitas komputasi. Metode MRK dituliskan dalam persamaan diferensial.

$$y_{n+1} = y_n + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_k) \quad (1)$$

dimana, $k_1 = hf(t_n, y_n), k_2 = hf\left(t_n + \frac{1}{2}h, y_n + \frac{1}{2}k_1\right), k_3 = hf\left(t_n + \frac{1}{2}h, y_n + \frac{1}{2}k_2\right), k_4 = hf(t_n + h, y_n + k_3)$, dan $k_5 = hf\left(t_n + \frac{3}{4}h, y_n + \frac{1}{16}(5k_1 + 7k_2 + 13k_3 - k_4)\right)$, kemudian h adalah ukuran langkah, $f(t, y) = \dot{y}$ adalah bentuk persamaan diferensial k_1, k_2, k_3, k_4 dan k_5 adalah fungsi evaluasi.

Metode Runge-Kutta-Merson (RKM) adalah modifikasi dari metode Runge-Kutta yang dirancang untuk meningkatkan kontrol error dalam perhitungan solusi numerik. Ciri utama dari RKM adalah kemampuan untuk mengatur ukuran langkah (step-size) secara dinamis, yang berarti ukuran langkah akan berubah berdasarkan besarnya error dalam setiap iterasi. Hal ini membuat RKM sangat cocok untuk masalah yang memerlukan akurasi tinggi atau memiliki perubahan mendadak dalam perilaku solusi. Metode Runge kutta Merson adalah sebuah metode numerik untuk menemukan solusi

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dari persamaan diferensial terutama pada masalah nilai awal.(Aquarito et al., (2013)). Dalam penerapannya untuk persamaan diferensial fuzzy, RKM juga memanfaatkan generalized Hukuhara derivative (gH-differentiability)(Mondal et al., 2017), yang membantu mengakomodasi ketidakpastian dalam parameter fuzzy.

$$y_n = yf_n + \frac{1}{6}(k_1 + 4k_4 + k_5) \quad (2)$$

dimana, $k_1 = hf(t_n, y_n), k_2 = hf\left(t_n + \frac{1}{3}h, y_n + \frac{1}{3}k_1\right), k_3 = hf\left(t_n + \frac{1}{3}h, y_n + \frac{1}{6}k_1 + \frac{1}{6}k_2\right), k_4 = hf\left(t_n + \frac{1}{2}h, y_n + \frac{1}{8}k_1 + \frac{3}{8}k_3\right)$ dan $k_5 = h * f(t_n + h, y_n + \frac{1}{2}k_1 - \frac{3}{2}k_3 + 2k_4)$. Memperkenalkan ketidakpastian (misalnya menggunakan fuzzy number ε= 0.01, Untuk menambahkan ketidakpastian dengan menunjukkan representasi ketidakpastian$yf_n = y_n + \varepsilon(r - 0.5)$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada artikel ini pembangunan syntax Python untuk menyelesaikan masalah nilai awal berdasarkan metode MRK dan metode RKM ditunjukkan. Simulasi kedua dua metode dilakukan dengan mencoba menyelesaikan contoh berikut. Selesaikan masalah nilai awal $y' = -y + t + 1$ dengan tiga syarat awal, $y_1(0) = 0.96, y_2(0) = 1,$ dan $y_3(0) = 1.01$ untuk $t = 0.1$ dengan penyelesaian eksak berdasarkan kasus; (1) g-H dapat diturunkan $y_1(r,t) = t + (0.96 + 0.04\,r)e^{-t}$ dan $y_2(r,t) = t + (1.01 - 0.01r)e^{-t}$; (2) g-H dapat diturunkan $y_1(r,t) = 1 + t + (-0.04 + 0.04\,r)e^{-t}$ dan $y_2(r,t) = 1 + t + (0.01 - 0.01r)e^{-t}$. Pembangunan syntax Python diawali dengan untuk menunjukkan keakuratan metode MRK akan di bangun syntax untuk metode Runge Kutta order keempat (RK4). Import Library dan Fungsi untuk memasukkan inputan Fungsi menggunakan koding di bawah ini.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
# Fungsi untuk mendapatkan input fungsi dari pengguna
def get_function_input(prompt):
    while True:
        try:
            func = input(prompt)
            f = eval("lambda t, y: " + func)
            f(0, 0)
            return f, func
        except:
            print("Input fungsi tidak valid. Silakan coba lagi.")
```

Labrary yang dipilih mendukung pengoperasian rumus matematika, pembuatan grafik dan pembangunann tabel. Fungsi didefinisikan untuk satu fungsi dengan metode inputan. Selanjutnya syntax python untuk metode Runge Kutta termodifikasi sebagai berikut. Implementasi Modified Runge-Kutta menggunakan Python Untuk mengubah metode Runge-Kutta Orde Pertama (RK1) menjadi Metode Runge-Kutta yang Dimodifikasi (MRK)**,** kita akan mengimplementasikan versi Runge-Kutta Orde Keempat (RK4**)** sebagai dasar.

```
# Metode Runge-Kutta termodifikasi (MRK4)
def mrk_solver(f, y0, t0, tf, h):
    t_values = []
    y_values = []
    t = t0
    y = y0
    while t <= tf:
```


© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

```
        t_values.append(t)
        y_values.append(y)
        # Koefisien MRK4
        k1 = h * f(t, y)
        k2 = h * f(t + h / 2, y + k1 / 2)
        k3 = h * f(t + h / 2, y + k2 / 2)
        k4 = h * f(t + h, y + k3)
        k5 = h * f(t + 3*h/4, y + 2*(5*k1 + 7*k2 + 13*k3 - k4)/32)
        # Update nilai y
        y = y + (k1 + 2 * k2 + 2 * k3 + k5) / 6
        t = t + h
    return t_values, y_values
```

Sedangkan syntak python untuk metode Runge kutta merson Untuk menerapkan metode Runge-Kutta-Merson (RKM) dengan generalisasi Hukuhara differentiability (gH-differentiability) pada persamaan diferensial, kita perlu menggabungkan konsep numerik dari Runge-Kutta dengan prinsip fuzzy calculus. Hukuhara differentiability digunakan untuk menangani persamaan diferensial dalam konteks ketidakpastian (fuzzy systems).

```
# Metode Runge-Kutta Merson dengan Generalisasi H-Differentiability (RKM-gH)
def rkm_gH_solver(f, y0, t0, tf, h):
    t_values = []
    y_values = []
    t = t0
    y = y0
    while t <= tf:
        t_values.append(t)
        y_values.append(y)
        # Koefisien Merson dengan gH-differentiability
        k1 = h * f(t, y)
        k2 = h * f(t + h / 3, y + k1 / 3)
        k3 = h * f(t + h / 3, y + k1 / 6 + k2 / 6)
        k4 = h * f(t + h / 2, y + k1 / 8 + 3 * k3 / 8)
        k5 = h * f(t + h, y + k1 / 2 - 3 * k3 / 2 + 2 * k4)
        # Memperkenalkan ketidakpastian (misalnya menggunakan fuzzy number)
        epsilon = 0.01  # representasi ketidakpastian
        y_fuzzy = y + epsilon * (np.random.rand() - 0.5)  # menambahkan ketidakpastian
        # Update nilai y dengan ketidakpastian fuzzy
        y = y_fuzzy + (k1 + 4 * k4 + k5) / 6
        t = t + h
    return t_values, y_values
```

Pada syntax Python yang dibangun, syntax menggunakan pendekatan input untuk memasukkan syarat awal, interval waktu dan ukuran langkah dengan tujuan syntak bisa digunakan untk simulasi nilai awal lainnya seperti koding berikut:

```
# Input persamaan dari pengguna
f, f_str = get_function_input("Masukkan fungsi f(t, y): ")
# Input nilai awal dan parameter lainnya
y0 = float(input("Masukkan nilai y0 (kondisi awal): "))
t0 = float(input("Masukkan nilai t0 (waktu awal): "))
tf = float(input("Masukkan nilai tf (waktu akhir): "))
          h = float(input("Masukkan nilai h (step size): "))
```

Untuk memunculkan Solusi dengan kedua-dua metode ini ditunjukkan didakam syntax Python, Solusi Menggunakan MRK dan RKM

```
# Solusi menggunakan MRK
```


© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

```
t_mrk, y_mrk = mrk_solver(f, y0, t0, tf, h)

# Solusi menggunakan RKM dengan gH-differentiability
t_rkm_gH, y_rkm_gH = rkm_gH_solver(f, y0, t0, tf, h)
```

Syntaz python ini dibangun untuk mengumpulkan data dalam dataframe sehingga data dapat diperoleh untuk tiga metode yaitu metode Runge Kutta order keempat (RK4), Metode RKM dan metode RKM seperti koding berikut dan outputnya dapat dilihat pada gambar 1.

```
# Membuat tabel data RK4
data_rk4 = {"t": t_rk4, "y (RK4)": y_rk4}
df_rk4 = pd.DataFrame(data_rk4)
print("\nHasil Metode Runge-Kutta order keempat (RK4):\n", df_rk4)
# Membuat tabel data MRK
data_mrk = {"t": t_mrk, "y (MRK)": y_mrk}
df_mrk = pd.DataFrame(data_mrk)
print("\nHasil Metode Runge-Kutta termodifikasi (MRK):\n", df_mrk)
# Membuat tabel data RKM_gH
data_rkm_gH = {"t": t_rkm_gH, "y (RKM-gH)": y_rkm_gH}
df_rkm_gH = pd.DataFrame(data_rkm_gH)
print("\nHasil Metode Runge-Kutta Merson dengan gH-Differentiability (RKM-gH):\n", df_rkm_gH)
```

```
Hasil Metode Runge-Kutta order keempat (RK4):
        t   y (RK4)
0   0.10  0.960000
1   0.11  0.961443
2   0.12  0.962971
3   0.13  0.964583
4   0.14  0.966279
..   ...       ...
85  0.95  1.317577
86  0.96  1.323919
87  0.97  1.330298
88  0.98  1.336713
89  0.99  1.343164
```

```
Hasil Metode Runge-Kutta termodifikasi (MRK):
        t   y (RK4)
0   0.10  0.960000
1   0.11  0.961438
2   0.12  0.962960
3   0.13  0.964567
4   0.14  0.966257
..   ...       ...
85  0.95  1.317120
86  0.96  1.323458
87  0.97  1.329832
88  0.98  1.336242
89  0.99  1.342688
```

```
Hasil Metode Runge-Kutta Merson dengan gH-Differentiability (RKM-gH):
        t  y (RKM-gH)
0   0.10    0.960000
1   0.11    0.963274
2   0.12    0.963125
3   0.13    0.960092
4   0.14    0.963893
..   ...         ...
85  0.95    1.303187
86  0.96    1.310012
87  0.97    1.319868
88  0.98    1.322637
89  0.99    1.328669
```

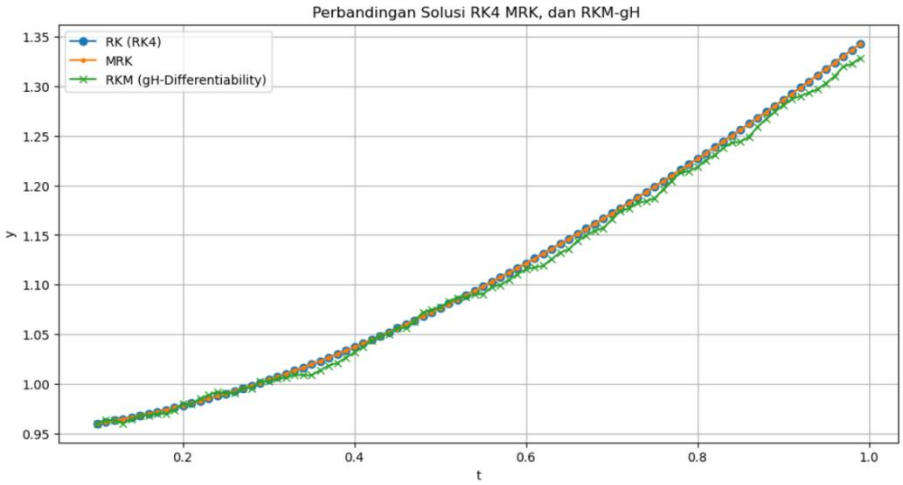
Gambar 1. *Output* dari RK4 dan RKM

Kode tersebut menghasilkan solusi numerik untuk variabel t dan y pada berbagai waktu t. Tabel ini menampilkan nilai masing-masing variabel pada setiap interval waktu yang ditetapkan oleh pengguna. Nilai waktu (t) berada dalam rentang dari 0.10 hingga 0.99. Pada setiap titik waktu t, terdapat nilai solusi y yang dihitung menggunakan metode Runge-Kutta orde 4 (RK4). Misalnya, untuk $t = 0.10$, nilai y adalah 0.960000, sedangkan untuk $t = 0.99$, nilai y adalah 1.342688. Nilai y ini bertambah seiring waktu, menunjukkan solusi numerik yang dihasilkan oleh MRK menunjukkan tren peningkatan. Sedangkan hasil simulasi dengan metode RKM Nilai waktu (t) juga berada dalam rentang yang sama dari 0.10 hingga 0.99. Nilai solusi y yang dihitung dengan RKM-gH untuk setiap waktu juga diberikan. Misalnya, pada t = 0.10, nilai y adalah 0.960000, dan pada t = 0.99, nilai y adalah 1.340010. Sama seperti pada metode MRK, nilai `y` cenderung meningkat seiring waktu.

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Pada titik waktu awal (misalnya pada t = 0.10 hingga t = 0.14), hasil dari kedua metode menunjukkan nilai yang sangat mirip atau hampir sama. Namun, seiring waktu, hasil dari kedua metode mulai menunjukkan sedikit perbedaan. Pada t = 0.99, hasil dari MRK adalah 1.342688, sedangkan hasil dari RKM-gH adalah 1.340010. erbedaan kecil ini mungkin disebabkan oleh perbedaan cara pendekatan numerik yang dilakukan oleh kedua metode. Runge-Kutta Merson dengan gH-Differentiability (RKM-gH) menggunakan pendekatan diferensiasi gH yang mungkin memberikan tingkat akurasi yang berbeda dibandingkan dengan Runge-Kutta termodifikasi (MRK). Terakhir, syntax python yang dibangun untuk menunjukkan visualisasi dari solusi yang telah di selesaikan dengan tiga metode tersebut dan hasilnya dapat dilihat pada perbandingan solusi RK4 (gambar 2)

```
# Plot hasil perbandingan
plt.figure(figsize=(12,6))
plt.plot(t_rk4, y_rk4, label="RK (RK4)", marker='o')
plt.plot(t_mrk, y_mrk, label="MRK", marker='.')
plt.plot(t_rkm_gH, y_rkm_gH, label="RKM (gH-Differentiability)", marker='x')
plt.xlabel('t')
plt.ylabel('y')
plt.title('Perbandingan Solusi RK4 MRK, dan RKM-gH ')
plt.grid(True)
plt.legend()
plt.show()
```



Gambar 2. Solusi dari tiga metode, Metode RK4, Metode MRK dan metode RKM untuk $0 \leq t \leq 1$ dengan ukuran langkah $h = 0.001$

Grafik pada Gambar 2 yang ditampilkan merupakan perbandingan solusi dari dua metode numerik, yaitu Metode Runge-Kutta termodifikasi (MRK) dan Metode Runge-Kutta Merson dengan gH-Differentiability (RKM-gH), terhadap waktu t dalam rentang 0 hingga 1. Sumbu - x (t): Menunjukkan waktu atau interval pada mana solusi dihitung. Nilai `t` berada pada rentang 0 hingga 1. Sumbu – y (y): Menunjukkan nilai solusi yang dihitung (`y`) untuk setiap nilai waktu `t`. Kurva Biru (MRK): Menampilkan solusi yang dihitung menggunakan Metode Runge-Kutta termodifikasi (MRK). Garis ini cenderung sangat mulus dan stabil, menunjukkan bahwa solusi MRK memberikan hasil yang konsisten sepanjang waktu `t`. Kurva Oranye (RKM-gH): Menampilkan solusi yang dihitung menggunakan Metode Runge-Kutta Merson dengan gH-Differentiability (RKM-gH). Garis ini sedikit lebih berfluktuasi dibandingkan dengan MRK, dengan osilasi kecil pada setiap titik solusi. Fluktuasi ini menunjukkan variasi kecil dalam hasil yang diberikan oleh RKM-gH. Kesamaan dan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Perbedaan: Secara keseluruhan, kedua metode menghasilkan solusi yang sangat mirip, terutama pada tren umum yang meningkat secara konsisten dari `y` terhadap `t`. Pada interval waktu yang lebih kecil (misalnya `t < 0.3`), kedua kurva hampir tumpang tindih, menunjukkan hasil yang sangat serupa. Pada interval yang lebih besar (misalnya `t > 0.6`), kurva RKM-gH mulai menunjukkan sedikit osilasi di sekitar kurva MRK. Tren Umum: Kedua metode menunjukkan peningkatan nilai `y` seiring bertambahnya waktu `t`. Ini menunjukkan bahwa solusi sistem yang dihitung oleh kedua metode berkembang dengan cara yang stabil. Tren meningkat secara linear atau kuasi-linear, menunjukkan sifat pertumbuhan yang mungkin berasal dari persamaan diferensial yang sedang diselesaikan.

KESIMPULAN

Kedua metode, Metode Runge-Kutta termodifikasi (MRK) dan Metode Runge-Kutta Merson dengan gH-Differentiability (RKM-gH), memberikan hasil yang sangat mirip, terutama pada nilai waktu awal. Seiring bertambahnya waktu, perbedaan kecil mulai muncul, dengan MRK menghasilkan solusi yang lebih stabil dan halus, sedangkan RKM-gH menunjukkan sedikit fluktuasi pada beberapa titik. Perbedaan ini tetap minimal dan kemungkinan disebabkan oleh karakteristik khusus dari metode Merson yang memperhitungkan diferensiasi gH, memberikan penyesuaian lebih detail pada solusi. Secara keseluruhan, kedua metode dapat diandalkan dalam perhitungan numerik, dan pilihan antara keduanya tergantung pada kebutuhan spesifik. MRK lebih cocok jika stabilitas menjadi prioritas utama, sedangkan RKM-gH mungkin lebih baik digunakan jika diperlukan tingkat akurasi yang lebih tinggi dengan memperhitungkan variasi kecil di sekitar solusi. Kedua metode tetap akurat dan efisien dalam menyelesaikan masalah numerik yang dihadapi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

Alfarizi, M. R., & Al-farish, M. Z. (2023). Penggunaan Python Sebagai Bahasa Pemrograman Untuk Machine Learning Dan Deep Learning. *Karimah Tauhid*, *2*, 1–6.

Aquarito, H., Subhan, M., & Nst, M. L. (n.d.). Metode Runge-Kutta Merson untuk Solusi Persamaan Differensial Bias. *FMIPA UNP. Padan*, *3*, 20–23.

Davi F. Fernandes, Marcelo C. Santos, Adilson C. Silva, Alan M.M. Lima, (2024) Comparative study of CUDA-based parallel programming in C and Python for GPU acceleration of the 4th order Runge-Kutta method, Nuclear Engineering and Design, 421, 113050

Fardinah. (2017). Solusi Persamaan Diferensial Biasa dengan Metode Runge-Kutta Orde Lima. *JURNAL MSA*, *5(1)*, 30–36.

Göktaş, Ü. and Kapadia, D. (2011) Mathematical and Computational Applications, Methods in Mathematica for Solving Ordinary Differential Equations, 16(4). 784-796

Iqbal, T., & Subhan, M. (2020). Metode Euler-Milstein untuk Solusi Numerik Persamaan Diferensial Stokhastik. *UNPjoMath*, *3*(3), 132–136.

Kamruzzaman, M., & Nath, M. C. (2018). A Comparative Study on Numerical Solution of Initial Value Problem by Using Euler ' s Method , Modified Euler ' s Method and Runge-Kutta Method. *Journal of Computer and Mathematical Sciences*, *9(5)*(July), 493–500. https://doi.org/10.29055/jcms/784

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Malarvizhi, M., & Karunanithi, S. (2021). Study of electrical circuits using Runge Kutta method of order 4. *PG & Research Department of Mathematics, Government Thirumagal Mills College*, *5*(2), 109–120.

Mondal, S. P., Roy, S., Das, B., & Mahata, A. (2017). Numerical Solution of First Order Linear Differential Equations in Fuzzy Environment by Modified Runge-Kutta- Method and Runga-Kutta-Merson-Method under generalized H-differentiability and its Application in Industry. *Department of Mathematics, Netaji Subhash Engineering College*, *December*. https://doi.org/10.20944/preprints201712.0119.v1

Mungkasi. (2014). Metode Rasional Eksplisit Untuk Masalah Nilai Awal. *Prosiding Semiinar Sains Dan Pendidikan Sains IX, Fakultas Sains Dan Matematika*, *5(1)*, 629–635.

Rochmawati, F. D. (2022). PERKEMBANGAN BAHASA PEMROGRAMAN KOMPUTER DI PERKEBANGAN BAHASA PEMROGRAMAN KOMPUTER DI AMERIKA SERIKAT TAHUN 1955 - 1995. *[Universitas Islam Negeri Kiai Haji Achmad Siddiq]*.

Sitorus A.C, Saragih, N., & Ambarita, J.D., 2024 Penerapan Metode Runge-Kutta Orde 3 Untuk Penyelesaian Persamaan Diferensial Biasa (Studi Kasus di Matlab), Algoritma : Jurnal Matematika, Ilmu pengetahuan Alam, Kebumian dan Angkasa, 2 (6), 10-19

Ulfa, F., & W. (2019). MODIFIKASI METODE RUNGE-KUTTA ORDE EMPAT KLASIK MENGGUNAKAN KOMBINASI DERET LEHMER. *Prosiding SainsTeKes Semnas MIPAKes UMRi*, *1*(agustus), 7–15.

van der Houwen, P. J., WOLKENFELT, P. H. M., & BAKER, C. T. H. (1981). Convergence and Stability Analysis for Modified Runge—Kutta Methods in the Numerical Treatment of Second-Kind Volterra Integral Equations. *IMA Journal of Numerical Analysis*, *1*(3), 303–328. https://doi.org/10.1093/imanum/1.3.303

Wahyuni, M.S., Sanusi, W. & Janide, A., (2024) Metode Runge-Kutta dalam Menentukan Solusi Numerik Model SEIR Penyebaran Penyakit Hepatitis B di Provinsi Sulawesi Selatan, Journal of Mathematics, Computations, and Statistics, 7(1), 20 – 33

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Penerapan Analytical Hierarchy Process dalam Menentukan Pemilihan Dompet Digital (E-Wallet) yang Terpercaya Pada Sektor UMKM di Kecamatan Percut Sei Tuan

Suci Hartati[1*], Faiz Ahyaningsih[2]
[1,2]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author:sucihartati325@gmail.com*

Abstrak Uang elektronik (e-money) merupakan bentuk inovatif dari uang digital yang muncul seiring perkembangan teknologi di sektor keuangan. Kemitraan antara pelaku UMKM dan penyedia layanan e-money berkontribusi terhadap peningkatan inklusi keuangan serta pertumbuhan ekonomi nasional. Penelitian ini menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dengan data primer yang diperoleh melalui penyebaran kuesioner kepada 30 pemilik UMKM di Desa Tembung, Kecamatan Percut Sei Tuan, yang dipilih melalui teknik purposive random sampling. Hasil analisis menunjukkan bahwa Shopeepay merupakan aplikasi dompet digital dengan tingkat prioritas tertinggi (bobot 0,407), disusul oleh Gopay (0,223), OVO (0,198), dan Dana (0,172). Kriteria keamanan (security) menjadi pertimbangan utama dalam pemilihan aplikasi, sedangkan kriteria merchant menempati prioritas terendah. Adapun sub-kriteria yang paling dipertimbangkan oleh responden meliputi keterhubungan dengan e-commerce, program promo, kemudahan penarikan saldo, kelancaran sistem transaksi, jumlah pengguna, keamanan saldo, kemudahan penggunaan, serta fitur pembayaran yang canggih.
Kata kunci: AHP; Dompet Digital; UMKM.

Abstract, *Electronic money (e-money) represents an innovative form of digital currency that has emerged alongside advancements in financial technology. Partnerships between MSMEs and e-money application providers contribute significantly to enhancing financial inclusion and national economic growth. This study employs the Analytical Hierarchy Process (AHP) method, using primary data collected through questionnaires distributed to 30 MSME owners in Tembung Village, Percut Sei Tuan District, selected via purposive random sampling. The analysis results indicate that Shopeepay ranks as the most preferred digital wallet application (weight 0.407), followed by Gopay (0.223), OVO (0.198), and Dana (0.172). Security is identified as the most critical criterion in application selection, while the merchant criterion holds the lowest priority. Key sub-criteria prioritized by respondents include integration with e-commerce platforms, promotional programs, ease of balance withdrawal, transaction smoothness, number of users, balance security, user-friendliness, and advanced payment features.*
Keywords*: AHP, E-Wallet, MSMEs*

Citation : Hartati, S., & Ahyaningsih, F. (2024). Penerapan Analytical Hierarchy Process dalam Menentukan Pemilihan Dompet Digital (E-Wallet) yang Terpercaya Pada Sektor UMKM di Kecamatan Percut Sei Tuan. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 861 – 870.

PENDAHULUAN

Kecamatan Percut Sei Tuan memiliki perkembangan yang cukup baik pada sektor perekonomian dan perdagangannya. Hal tersebut terjadi karena lokasi Kecamatan Percut Sei Tuan yang berbatasan langsung dengan Kota Medan menjadikan kecamatan ini mengalami peningkatan yang cukup pesat pada sektor tersebut. Letak geografis yang cukup stategis membuat sebagian besar masyarakat Percut Sei Tuan memilih untuk bekerja disektor perdagangan. (Putra et al., 2017). Hal tersebut membuat Kecamatan Percut Sei Tuan memiliki potensi Usaha Mikro, Kecil dan Menengah (UMKM) yang cukup maju dan berkembang. Berdasarkan data yang berasal dari website

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Kementerian Koperasi dan Usaha Kecil Menegah Republik Indonesia tahun 2021 disebutkan bahwa terdapat 1948 Usaha Mikro, Kecil dan Menengah (UMKM) yang tersebar di 22 kecamatan yang terdapat di Kabupaten Deli Serdang dengan berbagai jenis usaha yang tersedia termasuk di Kecamatan Percut Sei Tuan(Hutapea et al.,2023).

UMKM memiliki peranan yang kuat dalam meningkatkan perekonomian nasional. Bukti nyatanya adalah UMKM telah memberikan kontribusi dalam penyerapan tenaga kerja, pembentukan Produk Domestrik Bruto (PDB), memberikan kontribusi pada bidang eksport dan penciptaan modal tetap (investasi) (Hamza et al., 2019). Hal tersebut akan semakin memberikan pengaruh yang positif jika para pemilik UMKM memanfaatkan kemajuan teknologi dalam setiap aktivitas bisnisnya. Perkembangan bidang teknologi informasi dan internet saat ini telah menjadi suatu jalan perubahan dan perkembangan dibidang industri dan teknologi. Hal tersebut merupakan ciri positif dari globalisasi yang menciptakan kemudahan dalam hampir semua aspek kehidupan manusia baik dalam bidang sosial, ekonomi, politik, perdagangan dan lain sebagainya. Kehadiran teknologi digital sebagai suatu ciri perkembangan pesat internet mampu membuat masyarakat dunia bersandar dengan teknologi digital. Hal tersebut terjadi karena teknologi digital mampu membantu masyarakat dalam menjalani berbagai aspek kehidupan sehari-hari. Salah satu bentuk kemajuan teknologi digital dibidang keuangan adalah kehadiran *Financial Technologi* atau Fintech. Fintech hadir sebagai suatu layanan yang berfungsi membantu masyarakat dalam melakukan transaksi keuangan tanpa menggunakan rekening.

Saat ini, sudah banyak masyarakat yang menggunakan layanan tersebut dalam berbagai macam jenis transaksi. Uang elektronik (*e-money*) merupakan salah satu bentuk uang digital yang muncul akibat fenomena teknologi digital dibidang keuangan.Uang elektronik merupakan bentuk instrumen pembayaran dimana nilai moneternya disimpan pada sebuah media elektronik dapat berupa *chip* atau pada server (Akbar & Rachmawati, 2023). Terjalinnya hubungan kerjasama antara para UMKM dengan pihak perusahaan aplikasi uang elektronik akan meningkatkan keuangan inklusif serta meningkatkan perekonomian Indonesia. Menurut Kementerian Koperasi Kecil dan Menengah terjadi perkembangan yang cukup pesat pada jumlah pedagang UMKM setiap tahunnya (Sihaloho et al., 2020). Banyaknya produk uang elektronik dan diiringi perkembangan UMKM yang begitu pesat akan memberikan kemudahan bagi para UMKM dan pelanggan untuk melakukan transaksi. Keuntungan dari kehadiran uang elektronik ini memudahkan para UMKM untuk tidak perlu mencari uang kembalian kepada pelanggan dan pihak pelanggan tidak perlu membawa banyak uang tunai ketika berbelanja. Kemunculan berbagai fitur-fitur pada dompet digital tersebut menyebabkan banyaknya kemunculan jenis-jenis aplikasi dompet digital ditengah-tengah masyarakat saat ini. Beberapa aplikasi dompet digital (*e-wallet*) yang dominan dimasyarakat antara lain dana, OVO, shopeepay dan gopay.

Berbagai macam fitur-fitur yang disediakan oleh masing-masing dompet digital tersebut menjadi hal yang dipertimbangkan oleh para pelaku UMKM dalam memilih dompet digital yang dipercaya mampu dalam membantu mengelola bisnis mereka. Semakin meningkatnya penggunan dompet digital di kalangan masyarakat membuat semakin banyaknya aplikasi dompet digital yang beredar di masyarakat. Hal tersebut menimbulkan permasalahan dalam menentukan dompet digital (*e-wallet*) yang efektif digunakan oleh para UMKM guna membantu para pelaku usaha dalam menjalankan bisnisnya. Setiap pelaku UMKM memiliki kriteria tersendiri dalam menentukan dompet digital yang akan mereka gunakan untuk memaksimalkan usaha mereka. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang menjadi prioritas UMKM di Kecamatan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Percut Sei Tuan dalam memilih dompet digital. Dengan demikian, fenomena ini menjadi daya tarik bagi penulis untuk mengangkat penelitian tentang pemilihan dompet digital yang terpercaya bagi UMKM di Kecamatan Percut Sei Tuan. Metode pengambilan keputusan yang dipakai dalam penelitian ini adalah *AHP (Analytical Hierarchy Process)* merupakan metode pemeringkatan berdasarkan bobot penilaian konsumen. AHP merupakan teknik pengambilan keputusan dengan membandingkan beberapa klasifikasi (Sooksaksun & Chanta, 2023). Hasil dari penelitian diharapkan dapat membantu masyarakat terutama pemilik UMKM dalam memilih dompet digital (*e-wallet*) terpercaya yang sesuai dengan analisis yang cukup akurat menggunakan metode AHP dan bagi pemilik perusahaan dompet digital diharapkan mampu meningkatkan kembali kualitas layanan mereka.

Penelitian ini terinspirasi dari beberapa penelitian terdahulu terkait dengan metode AHP. Penelitian pertama adalah penelitian yang berjudul "Implementasi *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dalam Pemilihan E-Wallet untuk Mahasiswa". Penelitian tersebut bertujuan untuk memilih dompet digital terbaik untuk mahasiswa menggunakan metode AHP, penelitian tersebut menggunakan empat kriteria yaitu *application, network merchant, promotion, benefit of premium account* dengan sub-kriteria yaitu *user friendly*, *application security*, *top up merchants*, *range of merchant network*, *advertisement*, *discounts in may*, *cash out*, *upgrade of maximum balance*. Alternatif yang digunakan pada penelitian ini adalah Dana, Gopay dan LinkAja. Berdasarkan pengolahan data yang dilakukan dengan metode AHP diperoleh bahwa promosi merupakan kriteria tertinggi. Hal tersebut menunjukkan bahwa promosi adalah prioritas utama mahasiswa menggunakan dompet digital. Lalu, keanggotaan premium merupakan kriteria dengan bobot yang paling rendah. Selanjutnya, Go-Pay merupakan dompet digital yang memperoleh bobot tertinggi pada alternatif, diikuti oleh Dana dan LinkAja (Utami, 2019).

Penelitian selanjutnya yaitu penelitian yang berjudul "Sistem Pendukung Keputusan Menggunakan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk Pemilihan E-Wallet". Sesuai dengan judulnya penelitan ini mengenai pemilihan dompet digital menggunakan AHP. Kriteria yang digunakan pada penelitian ini adalah limit transaksi, banyaknya pengguna, *rating* aplikasi, metode *top-up*, banyaknya *merchant.* Alternatif yang digunakan pada penelitian ini adalah Dana, LinkAja, Shopeepay, Ovo, Gopay. Berdasarkan hasil analisis data menggunakan metode AHP diperoleh bahwa *rating* aplikasi memiliki bobot penilaian tertinggi dibandingkan dengan kriteria-kriteria lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa *rating* aplikasi merupakan prioritas utama yang diperhatikan oleh masyarakat dalam memilih dompet digital. Sementara itu, LinkAja merupakan alternatif dengan peringkat tertinggi artinya LinkAja merupakan aplikasi dompet digital prioritas utama karena memenuhi kritera-kriteria yang di cari masyarakat (Mustofa et al., 2023). Kebaruan penelitian ini terdapat pada kriteria yang digunakan. Penelitian ini menggunakan delapan kriteria yang digunakan yaitu, jangkauan pasar, *reward, merchant*, transaksi, popularitas aplikasi, *security*, *users friendly*, fitur aplikasi. Selain itu, penelitian ini juga memiliki subkriteria. jangkauan pasar (kemudahan distribusi produk kepada pelanggan, menjangkau semua kalangan masyarakat, terhubung ke aplikasi *e-commerce*), *reward* (*cashback,* promo, *voucher* menarik), *merchant* (tempat penarikan dana cukup terjangkau, kemudahan penarikan saldo, kemudahan isi saldo (*top-up*)), transaksi (biaya administrasi, limit transfer dan penarikan dana, kelancaran sistem transaksi), popularitas aplikasi (*rating* pengguna, banyaknya pengguna aplikasi, komentar pengguna), *security* (jaminan keamanan identitas, keamanan transaksi, keamanan saldo,), *users friendly* (kemudahan dalam menggunakan fitur aplikasi,

kemudahan transaksi, kemudahan pengaduan), fitur aplikasi (tampilan aplikasi, keragaman fitur kelola bisnis, fitur pembayaran yang canggih).

METODE PENELITIAN

Populasi merupakan generalisasi suatu wilayah penelitian yang terdiri dari objek atau subjek yang memiliki kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti. Oleh karena itu, dalam penelitian ini penulis memilih pemilik UMKM binaan di wilayah Desa Tembung sebanyak 58 menjadi populasi penelitian. Metode pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan teknik *purposive random sampling* yaitu suatu metode pengambilan sampel yang dilakukan sesuai dengan persyaratan sampel yang diperlukan. Pengambilan sampel tersebut dilakukan secara sengaja dengan cara mengambil sampel tertentu saja yang mempunyai karakteristik, ciri, kriteria dan sifat tertentu (Fauzy , 2019). Metode AHP tidak terlalu mementingkan banyaknya responden sebagai sumber data tetapi justru sangat mementingkan kualitas dari inputan para responden. Oleh karena itu, respon yang diambil pada penelitian ini harus mengerti, memahami, mempunyai pengalaman dalam menggunakan semua aplikasi yang dijadikan sebagai alternatif dalam sistem pengambilan keputusan. Karena AHP tidak terlalu mementingkan jumlah respon dalam penelitian, maka penelitian ini dapat dilakukan oleh beberapa responden yang mengerti tentang penelitian tersebut (Setiyadi & Agustia, 2018). Berdasarkan data yang didapatkan dari Dinas Koperasi, Usaha Kecil dan Menengah Provinsi Sumatera Utara terdapat 58 UMKM binaan di Desa Tembung. Setelah melakukan observasi awal penulis menemukan terdapat 30 UMKM yang memakai keempat dompet digital yaitu Dana, Ovo, Gopay dan Shopeepay. Oleh karena itu peneliti mengambil 30 sampel pada penelitian ini.

Dalam melakukan sebuah penelitian dibutuhkan data sebagai bahan referensi dalam memecahkan inti permasalahan dalam suatu penelitian. Data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah data primer. Pada penelitian ini data sekunder didapatkan melalui data yang diperoleh dari dinas UMKM Pemprov Sumatra Utara. Pada penelitian ini data primer didapatkan dengan cara melakukan penyebaran kuesioner kepada pemilik UMKM di Desa Tembung, Kecamatan Percut Sei Tuan secara langsung dan juga secara *online.*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dekomposisi merupakan proses menguraikan permasalahan yang utuh menjadi permasalahan yang kecil membentuk sebuah struktur yang terdiri atas beberapa bagian , yaitu tujuan, kriteria, sub-kriteria, dan alternatif. Penelitian ini menggunakan 4 alternatif yaitu, dana, ovo, gopay, shopeepay. Adapun kriteria yang digunakan terdapat 8 kriteria yaitu, jangkauan pasar, *reward*, *merchant*, transaksi, popularitas, *security*, *users friendly*, fitur aplikasi. Masing-masing kriteria tersebut memiliki 3 sub-kriteria tersendiri. Tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah mendapatkan aplikasi dompet digital terpercaya bagi kalangan UMKM di Desa Tembung, Kecamatan Percut Sei Tuan.

Perbandingan Berpasangan (Comparative)

Perbandingan berpasangan merupakan proses membandingkan dua elemen dalam sebuah kumpulan untuk menentukan mana yang lebih penting atau lebih baik dibandingkan yang lainnya dalam hal kriteria, sub-kriteria atau alternatif. Data yang digunakan pada perbandingan berpasangan ini ada nilai *geometric mean* yang diperoleh dari hasil rata-rata geometrik penilaian setiap responden.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Data yang digunakan pada matriks perbandingan ini adalah *geometric mean*. *Geometric mean* digunakan pada AHP dengan tujuan untuk mendapatkan nilai tunggal yang dapat mewakili keseluruhan responden dalam perbandingan berpasangan untuk setiap elemen. Hasil dari perbandingan berpasangan ini digunakan sebagai landasan utama untuk dapat menghitung bobot prioritas dari setiap kriteria, sub-kriteria, dan alternatif yang digunakan. Berikut adalah langkah untuk mendapatkan nilai *geometric mean*, persamaan (1) dimana; G = *Geometric Mean*; X_n = nilai yang di berikan responden; n = banyaknya responden dan Gambar 1 merupakan hasil *Outputnya*.

$$G = \sqrt[n]{x_1 \times x_2 \times x_3 \times x_4 \times \ldots \times x_n} \quad (1)$$

	jangkauan pasar	reward	merchant	transaksi	popularitas	security
jangkauan pasar	1.0000000	3.0975909	2.744398	0.6103464	1.5915947	0.4367808
reward	0.3228315	1.0000000	1.266241	0.5592924	0.7971118	0.3430778
merchant	0.3643787	0.7897390	1.000000	0.4042890	0.9950301	0.2283945
transaksi	1.6384139	1.7879736	2.473478	1.0000000	2.4792262	0.5114680
popularitas	0.6283006	1.2545292	1.004995	0.4033517	1.0000000	0.1649801
security	2.2894777	2.9147906	4.378389	1.9551565	6.0613389	1.0000000
users friendly	0.9019274	0.7394505	1.353497	0.9185420	1.4707419	0.2300982
fitur aplikasi	0.6231470	0.3885382	1.311173	0.4146209	1.0326781	0.1708580

	users friendly	fitur aplikasi
jangkauan pasar	1.1087367	1.6047577
reward	1.3523555	2.5737494
merchant	0.7388271	0.7626759
transaksi	1.0886818	2.4118415
popularitas	0.6799289	0.9683560
security	4.3459705	5.8528151
users friendly	1.0000000	1.8003520
fitur aplikasi	0.5554469	1.0000000

Gambar 1. Matriks Perbandingan Berpasangan pada Elemen Kriteria

Synthesis Priority

Nilai prioritas lokal juga bertujuan untuk menghitung bobot relatif dari setiap kriteria, sub-kriteria dan alternatif. Bobot tersebut menunjukkan kontribusi atau dampak yang dihasilkan masing-masing kriteria, sub-kriteria atau alternatif terhadap tujuan akhir penelitian. Langkah ini dilakukan dengan cara melakukan normalisasi matriks pada setiap elemen, yaitu dengan cara mencari nilai rata-rata pada setiap elemen. Normalisasi matriks dilakukan dengan cara membagi setiap elemen pada kolom matriks kemudian membaginya dengan jumlah setiap kolom pada elemen matriks. Hasil yang diperoleh dinamakan sebagai nilai eigen. Kemudian jumlahkan nilai eigen pada setiap baris elemen matriks lalu membaginya sesuai dengan jumlah elemen kriteria, sub-kriteria, dan alternatif.

Tabel 1. Nilai Rata-Rata Kriteria Utama.

	Jangkauan Pasar	reward	Merchant	Transaksi	popularitas	security	Users friendly	Fitur aplikasi	Rerata
Jangkauan pasar	0.1287	0.2587	0.1767	0.0974	0.1032	0.1416	0.1020	0.0945	0.1379
reward	0.0416	0.0835	0.0815	0.0892	0.0517	0.1112	0.1244	0.1516	0.0918
merchant	0.0469	0.0660	0.0644	0.0645	0.0645	0.0740	0.0680	0.0449	0.0616
transaksi	0.2109	0.1493	0.1592	0.1596	0.1607	0.1658	0.1001	0.1421	0.1560
popularitas	0.0809	0.1048	0.0647	0.0644	0.0648	0.0535	0.0626	0.0570	0.0691
security	0.2947	0.2435	0.2819	0.3120	0.3929	0.3241	0.3998	0.3448	0.3242
users friendly	0.1161	0.0618	0.0871	0.1466	0.0953	0.0746	0.0920	0.1061	0.0974
fitur aplikasi	0.0802	0.0326	0.0844	0.0663	0.0669	0.0554	0.0511	0.0589	0.0619

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari nilai rata-rata masing-masing elemen kriteria. Urutan prioritas pemilik UMKM di Kecamatan Percut Sei Tuan dalam memilih dompet digital, security merupakan prioritas utama dengan bobot sebesar 0.324, transaksi merupakan prioritas kedua dengan bobot sebesar 0.155, jangkauan pasar merupakan prioritas ketiga dengan sebesar 0.137, *users friendly* merupakan prioritas keempat dengan bobot sebesar 0.097, *reward* merupakan prioritas kelima dengan bobot sebesar 0.091, popularitas merupakan prioritas keenam dengan bobot sebesar 0.069, fitur aplikasi merupakan prioritas ketujuh dengan bobot sebesar 0.061, prioritas terakhir diduduki oleh *merchant* dengan bobot sebesar 0.061.

Nilai rata-rata sub-kriteria jangkauan pasar, melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa terhubung ke aplikasi *e-commerce* merupakan prioritas utama dengan bobot 0.407, menjangkau semua kalangan masyarakat berada di urutan kedua dengan bobot 0.384, kemudahan distribusi produk kepada pelanggan merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.208

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Nilai rata-rata sub-kriteria *reward* sebesar 0,4477. Nilai rata-rata sub-kriteria *merchant, m*elalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa kemudahan penarikan saldo merupakan prioritas utama dengan bobot 0.353, kemudahan isi saldo berada di urutan kedua dengan bobot 0.327, tempat penarikan dana cukup terjangkau merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.318. Nilai rata-rata sub-kriteria transaksi, melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa kelancaran sistem transaksi merupakan prioritas utama dengan bobot 0.512, limit transfer dan penarikan dana berada di urutan kedua dengan bobot 0.205, biaya administrasi merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.169.

Nilai rata-rata sub-kriteria popularitas, melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa banyaknya pengguna merupakan prioritas utama dengan bobot 0.355, komentar pengguna berada di urutan kedua dengan bobot 0.343, *rating* pengguna merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.300. Nilai rata-rata sub-kriteria *security, m*elalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa keamanan saldo merupakan prioritas utama dengan bobot 0.457, keamanan transaksi berada di urutan kedua dengan bobot 0.392, jaminan keamanan identitas merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.150. Nilai rata-rata sub-kriteria *users friendly*, melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa kemudahan transaksi merupakan prioritas utama dengan bobot 0.456, kemudahan pengaduan berada di urutan kedua dengan bobot 0.308, kemudahan dalam menggunakan fitur aplikasi merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.234. Nilai rata-rata sub-kriteria fitur aplikasi, melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa fitur pembayaran yang canggih merupakan prioritas utama dengan bobot 0.488, keragaman fitur kelola bisnis berada di urutan kedua dengan bobot 0.361, tampilan aplikasi merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.149.

Nilai ini didapatkan berdasarkan matriks perbandingan berpasangan pada setiap sub-kriteria terhadap alternatif yang di normalisasi yaitu dengan cara menjumlahkan seluruh nilai yang ada di masing-masing kolom elemen lalu setiap nilai yang ada pada matriks tersebut dibagi oleh jumlah kolomnya. Hasil yang diperoleh tersebut disebut sebagai nilai eigen. Kemudian untuk mendapatkan nilai rata – ratanya dilakukan dengan cara menjumlahkan nilai eigen pada setiap baris lalu membaginya sesuai dengan jumlah elemen yang tersedia. Nilai-nilai alternatif terhadap kemudahan distribusi produk kepada pelanggan. Melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa shopeepay merupakan prioritas utama dengan bobot 0.443, gopay berada di urutan kedua dengan bobot 0.225, ovo merupakan prioritas ketiga dengan bobot 0.179, dana merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.151. Nilai-nilai alternatif terhadap menjangkau semua kalangan masyarakat. Melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa shopeepay merupakan prioritas utama dengan bobot 0.390, gopay berada di urutan kedua dengan bobot 0.246, dana merupakan prioritas ketiga dengan bobot 0.204, ovo merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.159. Nilai-nilai alternatif terhadap terhubung ke aplikasi *e-commerce*. Melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa shopeepay merupakan prioritas utama dengan bobot 0.479, dana berada di urutan kedua dengan bobot 0.177, ovo merupakan prioritas ketiga dengan bobot 0.173, gopay merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.169. Nilai-nilai alternatif terhadap *cashback, m*elalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa shopeepay merupakan prioritas utama dengan bobot 0.445, gopay berada di urutan kedua dengan bobot 0.209, ovo merupakan prioritas ketiga dengan bobot 0.197, dana merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.147.

Nilai-nilai alternatif terhadap promo, melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa shopeepay merupakan prioritas utama dengan bobot 0.553, gopay berada di

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

urutan kedua dengan bobot 0.218, ovo merupakan prioritas ketiga dengan bobot 0.168, dana merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.059. Nilai-nilai alternatif terhadap voucher menarik, Melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa shopeepay merupakan prioritas utama dengan bobot 0.539, gopay berada di urutan kedua dengan bobot 0.203, ovo merupakan prioritas ketiga dengan bobot 0.157, dana merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.100. Nilai-nilai alternatif terhadap tempat penarikan dana, melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa shopeepay merupakan prioritas utama dengan bobot 0.299, gopay berada di urutan kedua dengan bobot 0.272, dana merupakan prioritas ketiga dengan bobot 0.266, ovo merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.162.

Nilai-nilai alternatif terhadap kemudahan penarikan saldo, melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa shopeepay merupakan prioritas utama dengan bobot 0.298, dana berada di urutan kedua dengan bobot 0.265, gopay merupakan prioritas ketiga dengan bobot 0.222, ovo merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.213. Nilai-nilai alternatif terhadap kemudahan isi saldo, melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa shopeepay merupakan prioritas utama dengan bobot 0.428, gopay berada di urutan kedua dengan bobot 0.227, dana merupakan prioritas ketiga dengan bobot 0.182, ovo merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.162. Nilai-nilai alternatif terhadap biaya administrasi, melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa shopeepay merupakan prioritas utama dengan bobot 0.445, gopay berada di urutan kedua dengan bobot 0.231, ovo merupakan prioritas ketiga dengan bobot 0.206, dana merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.116.

Nilai-nilai alternatif terhadap limit transfer dan penarikan dana, melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa shopeepay merupakan prioritas utama dengan bobot 0.461, ovo berada di urutan kedua dengan bobot 0.258, gopay merupakan prioritas ketiga dengan bobot 0.174, dana merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.105. Nilai-nilai alternatif terhadap kelancaran sistem transaksi, melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa shopeepay merupakan prioritas utama dengan bobot 0.402, ovo berada di urutan kedua dengan bobot 0.210, dana merupakan prioritas ketiga dengan bobot 0.194, gopay merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.192. Nilai-nilai alternatif terhadap *rating* pengguna, melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa shopeepay merupakan prioritas utama dengan bobot 0.422, dana berada di urutan kedua dengan bobot 0.225, gopay merupakan prioritas ketiga dengan bobot 0.198, ovo merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.153. Nilai-nilai alternatif terhadap banyak pengguna, melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa shopeepay merupakan prioritas utama dengan bobot 0.380, dana berada di urutan kedua dengan bobot 0.219, ovo merupakan prioritas ketiga dengan bobot 0.214, gopay merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.185.

Nilai-nilai alternatif terhadap komentar pengguna, melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa shopeepay merupakan prioritas utama dengan bobot 0.315, ovo berada di urutan kedua dengan bobot 0.305, gopay merupakan prioritas ketiga dengan bobot 0.285, dana merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.092. Nilai-nilai alternatif terhadap jaminan keamanan identitas, melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa shopeepay merupakan prioritas utama dengan bobot 0.387, gopay berada di urutan kedua dengan bobot 0.236, ovo merupakan prioritas ketiga dengan bobot 0.211, dana merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.163. Nilai-nilai alternatif terhadap keamanan transaksi, melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa shopeepay merupakan prioritas utama dengan bobot 0.380, gopay berada

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

di urutan kedua dengan bobot 0.231, ovo merupakan prioritas ketiga dengan bobot 0.217, dana merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.169.

Nilai-nilai alternatif terhadap keamanan saldo, melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa shopeepay merupakan prioritas utama dengan bobot 0.383, gopay berada di urutan kedua dengan bobot 0.281, ovo merupakan prioritas ketiga dengan bobot 0.180, dana merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.154. Nilai-nilai alternatif terhadap kemudahan menggunakan fitur aplikasi, melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa shopeepay merupakan prioritas utama dengan bobot 0.434, dana berada di urutan kedua dengan bobot 0.221, gopay merupakan prioritas ketiga dengan bobot 0.194, ovo merupakan prioritas terakhir dengan bobot 0.149.

Menghitung Nilai Logical Consistency

Logical consistency merupakan suatu langkah pada AHP untuk memastikan bahwa responden telah memberikan penilaian yang konsisten sehingga akan dihasilkan suatu keputusan yang cukup valid dan konsisten. Perhitungan konsistensi tersebut dapat dilakukan dengan cara mendapatkan terlebih dahulu nilai eigen maksimal (λ_{maks}) yaitu dengan mengalikan matriks perbandingan berpasangan terhadap nilai rata-ratanya, lalu membagi hasil perkalian tersebut dengan nilai rata-rata. Selanjutnya, dilakukan perhitungan *Consistency Index* (CI) dan *Consistency Ratio* (CR) dengan menggunakan persamaan CI $= \frac{\lambda_{maks}-N}{N-1}$ dan CR $= \frac{CI}{RI}$. Berdasarkan metode AHP suatu matriks perbandingan berpasangan dinyatakan konsisten jika nilai dan *Consistency Ratio* (CR) berada di kurang dari atau sama dengan 0,01. Berikut contoh untuk mendapatkan perhitungan nilai konsistensi dilakukan menggunakan R studio. Hasil perhitungan Konsistensi Kriteria Utama, berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh bahwa *Consistency Ratio* (CR) sebesar 0,0281 atau nilai tersebut lebih kecil dari 0,1. Hal tersebut menunjukkan bahwa matriks perbandingan berpasangan pada kriteria utama adalah matriks yang konsisten sehingga nilai rata-rata yang sudah diperoleh dapat digunakan dalam melakukan pemeringkatan prioritas kriteria

Menghitung Nilai Global Priority

Setelah mendapatkan nilai konsistensi dari masing-masing elemen. Langkah selanjutnya yaitu mencari nilai *global priority* untuk memperoleh sub-kriteria prioritas dari penelitian ini. *Global priority* dilakukan dengan cara mengalikan nilai rata-rata setiap kriteria dengan masing-masing elemen sub-kriteria. Berikut adalah hasil perhitungan *global priority* kriteria dan sub-kriteria menggunakan R Studio. *Global Priority* sub-kriteria jangkauan pasar, melalui hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan bahwa terhubung ke aplikasi *e-commerce* merupakan prioritas utama dengan bobot 0.0565, menjangkau semua kalangan masyarakat berada di urutan kedua dengan bobot 0.053, kemudahan distribusi produk kepada pelanggan merupakan prioritas ketiga dengan bobot 0.028. Berikut adalah rekapitulasi hasil akhir *global priority* yang didapatkan berdasarkan total perkalian bobot pada masing-masing elemen kriteria, sub-kriteria terhadap masing-masing alternatif.

Tabel 2. Tabel Tabulasi Hasil Akhir

Kriteria dan Sub-Kriteria	Bobot	Bobot_global	Dana	Shopeepay	Gopay	Ovo
Jangkauan pasar			0,1383			
Kemudahan distribusi produk kepada pelanggan	0,2082	0,0288	0,0044	0,0128	0,0065	0,0052
Menjangkau semua kalangan masyarakat	0,3843	0,0531	0,0108	0,0207	0,0131	0,0085
Terhubung ke aplikasi e-commerce	0,4075	0,0564	0,0100	0,0270	0,0096	0,0098

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Reward			0,0916			
Cashback	0,2273	0,0208	0,0031	0,0093	0,0044	0,0041
Promo	0,4477	0,0410	0,0024	0,0227	0,0090	0,0069
Voucher menarik	0,3250	0,0298	0,0030	0,0161	0,0060	0,0047
Merchant			0,0615			
Tempat penarikan dana cukup terjangkau	0,3190	0,0196	0,0052	0,0059	0,0053	0,0032
Kemudahan penarikan saldo	0,3538	0,0058	0,0058	0,0056	0,0051	0,0047
Kemudahan isi saldo	0,3273	0,0201	0,0037	0,0086	0,0048	0,0031
Transaksi			0,1560			
Biaya administrasi	0,1691	0,0264	0,0031	0,0118	0,0061	0,0055
Limit transfer dan penarikan dana	0,2057	0,0321	0,0034	0,0148	0,0056	0,0083
Kelancaran sistem transaksi	0,5129	0,0800	0,0156	0,0322	0,0154	0,0168
Popularitas			0,0695			
Rating pengguna	0,3003	0,0209	0,0047	0,0088	0,0042	0,0032
Banyaknya pengguna aplikasi	0,3558	0,0247	0,0054	0,0094	0,0046	0,0055
Komentar pengguna	0,3439	0,0239	0,0022	0,0075	0,0068	0,0073
Security			0,3245			
Jaminan keamanan identitas	0,1501	0,0487	0,0080	0,0189	0,0120	0,0103
Keamanan transaksi	0,3928	0,1275	0,0279	0,0485	0,0308	0,0329
Keamanan saldo	0,4570	0,1483	0,0229	0,0569	0,0417	0,0267
Users Friendly			0,0971			
Kemudahan dalam menggunakan fitur aplikasi	0,2349	0,0228	0,0050	0,0099	0,0044	0,0034
Kemudahan transaksi	0,4567	0,0443	0,0102	0,0189	0,0089	0,0068
Kemudahan pengaduan	0,3084	0,0299	0,0042	0,0146	0,0061	0,0053
Fitur aplikasi			0,0616			
Tampilan aplikasi	0,1490	0,0092	0,0020	0,0040	0,0018	0,0016
Keragaman fitur kelola bisnis	0,3620	0,0223	0,0031	0,0108	0,0042	0,0042
Fitur pembayaran yang canggih	0,4890	0,0301	0,0086	0,0126	0,0069	0,0080
JUMLAH			0,1727	0,4071	0,2239	0,1960

Berdasarkan data diatas didapatkan hasil bahwa pada diperoleh urutan pritotitas alternatif dompet digital pada elemen fitur pembayaran yang canggih diantaranya; (1) Shopeepay merupakan prioritas utama dengan bobot 0,150; (2) Ovo merupakan prioritas kedua dengan bobot 0,120; (3) Dana merupakan prioritas ketiga dengan bobot 0,110; (4) Gopay merupakan prioritas keempat dengan bobot 0,107.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data pada bab sebelumnya diperoleh hasil penelitian adalah kriteria yang menjadi prioritas masyarakat pemilik UMKM dalam memilih dompet digital terpercaya adalah kriteria *security*. Selanjutnya, transaksi sebagai prioritas kedua, jangkauan pasar sebagai prioritas ketiga, *users friendly* sebagai prioritas keempat, *reward* sebagai prioritas kelima, popularitas sebagai prioritas keenam, fitur aplikasi sebagai prioritas ketujuh, dan *merchant* sebagai prioritas terakhir. Kemudian Sub-kriteria yang menjadi prioritas masyarakat pemilik UMKM dalam memilih dompet digital terpercaya, Berdasarkan hasil analisis delapan sub-kriteria, masing-masing memiliki faktor prioritas yang berbeda. Pada aspek jangkauan pasar, keterhubungan dengan aplikasi e-commerce menjadi faktor utama. Promo merupakan prioritas tertinggi dalam kriteria reward, sementara kemudahan penarikan saldo menjadi hal terpenting pada kriteria merchant. Kelancaran sistem menjadi fokus pada transaksi, dan jumlah pengguna menonjol dalam kriteria popularitas. Keamanan saldo menjadi prioritas dalam aspek security, kemudahan bertransaksi dalam kriteria user friendly, serta fitur pembayaran yang canggih pada kriteria fitur aplikasi. Hal ini menunjukkan bahwa pelaku UMKM lebih memprioritaskan aspek kemudahan, keamanan, dan integrasi dalam memilih aplikasi dompet digital. Dompet digital yang manjadi prioritas utama pada kalangan UMKM di

Kecamatan Percut Sei Tuan adalah Shopeepay dengan bobot prioritas sebesar 0.4071063. Hal tersebut berarti bahwa shopeepay termasuk aplikasi dompet digital terpercaya yang mampu memenuhi semua kriteria serta sub-kriteria UMKM di Kecamatan Percut Sei Tuan. Prioritas kedua adalah gopay dengan bobot prioritas sebesar 0.223917. Selanjutnya, ovo merupakan dompet digital prioritas ketiga dengan bobot sebesar 0.196027. Dompet digital prioritas terakhir diduduki oleh Dana dengan bobot prioritas sebesar 0.172732.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada ibu Dr. Faiz Ahyaningsih, M.Si, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua penulis yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar, P. N., & Rachmawati, R. (2023). Analysis of Factors that Influence the Use of Electronic Money in Indonesia. International Journal of Science and Society, 5(5), 439-459. https://doi.org/10.54783/ijsoc.v5i5.871

Fauzy , A. (2019). Metode Sampling . Jakarta : Universitas Terbuka.

Hamza, L. M., & Agustien, D. (2019). Pengaruh Perkembangan Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah Terhadap Pendapatan Nasional Pada Sektor UMKM di Indonesia. Jurnal Ekonomi Pembangunan, 8(2), 127–135. https://doi.org/10.23960/jep.v8i2.45

Hutapea, M. B., Samri, Y., Nasution, J., & Lubis, A. W. (2023). Analisis Pemahamaan dan Kesiapan Pengelola UMKM dalam Implementasi Laporan Keuangan Berbasis SAK EMKM (Studi Kasus UMKM di Kec Percut Sei Tuan). Jurnal Ilmu Komputer, Ekonomi dan Manajemen (JIKEM), 3(2), 2823-2857

Mustofa, F. U., Wibowo, A. L., Saraswati, S., & Puteri, F. R. (2023). Sistem Pendukung Keputusan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Untuk Pemilihan E-Wallet. Jumistik : Jurnal Manajemen Informatika, Sistem Informasi dan Teknologi Komputer, 2(1), 136–142. https://doi.org/10.70247/jumistik.v2i1.27

Putra, M., Giyarsih, S. R., & Kurniawan, A. (2017). Sektor Unggulan dan Interaksi Antarwilayah pada Kawasan Strategis Nasional Perkotaan MEBIDANGRO. Jurnal Wilayah Dan Lingkungan, 5(3), 181-187. https://doi.org/10.14710/jwl.5.3

Setiyadi, A., & Agustia, R. D. (2018). Penerapan Metode Dalam Memilih Marketplace E-Commerce Berdasarkan Software Quakity And Evaluation ISO/IEC9126-4 Untuk UMKM. Jurnal IKRA-ITH Informatika, 2(3), 61-70.

Sihaloho, J. E., Ramadani, A., & Rahmayanti, S. (2020). Implementasi Sistem Pembayaran Quick Response Indonesia Standard Universitas Sumatera Utara (1)(2)(3). 17(2). http://journal.undiknas.ac.id/index.php/magister-manajemen/

Sooksaksun, N., & Chanta, S. (2023). Application Of Analytic Hierarchy Process In Decision Making Of Processed Banana Products For Community Enterprises. International Journal of the Analytic Hierarchy Process, 15(2), 1-21. https://doi.org/10.13033/ijahp.v15i2.1091

Utami, M. C. (2019). Implementasi Analytical Hierarchy Process (AHP) dalam Pemilihan E-Wallet untuk Mahasiswa. Jurnal Ilmiah MATRIK, 21(3) 259-265. https://doi.org/10.33557/jurnalmatrik.v21i3.730

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *Think Talk Write* Terhadap Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa SMA Negeri 1 Hamparan Perak

Fathiyah Nabila[1*], Edy Surya[2]
[1,2]*Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia*
**Coresponding Author: fathiyahnabila24@gmail.com*

Abstrak, tujuan dari riset ini adalah untuk memastikan apakah keterampilan komunikasi matematika murid kelas X lebih dipengaruhi oleh paradigma pengajaran TTW daripada oleh pengajaran standar, dan apakah murid yang diajari dengan paradigma pengajaran TTW memiliki tingkat penguasaan klasikal yang lebih baik daripada mereka yang diajari dengan paradigma pengajaran standar. Desain riset yang digunakan dalam riset ini adalah pra-tes-pasca-tes only control design, yang merupakan eksperimen semu. Dua kelas menjadi sampel riset, yaitu kelas X-7 sebagai kelas eksperimen dan kelas X-8 sebagai kelas kontrol. Soal pra-tes dan pasca-tes dalam bentuk uraian disebarkan untuk mengumpulkan data. Tes proporsi dan Independent Sample T-test digunakan untuk mengpemeriksaan data. H_0 ditolak dan H_a diterima berdasarkan pemeriksaan tes-t, yang menandakan bahwa nilai $t_{hitung}(6{,}108) > t_{tabel}(1{,}99443)$. Hal ini menandakan bahwa paradigma pengajaran TTW memberi dampak yang lebih besar pada kecakapan komunikasi matematis murid kelas X dibandingi dengan paradigma pengajaran standar. Selain itu, murid di kelas eksperimen memiliki persentase penguasaan klasikal yang lebih besar (41,67%) dibandingi murid di kelas kontrol (2,78%). Namun, dalam hal kecakapan komunikasi matematis murid kelas X, penguasaan klasikal murid yang diajari dengan menggunakan paradigma pengajaran TTW tidak lebih unggul dibandingi dengan murid yang diajari dengan menggunakan paradigma pengajaran standar.
Kata kunci: Komunikasi Matematis; Think Talk Write

Abstract, *the purpose of this study is to ascertain whether the mathematical communication skills of class X students are more influenced by the TTW learning paradigm than the regular learning paradigm, and whether students taught with the TTW learning paradigm have a better level of classical mastery than those taught with the regular learning paradigm. Pre-test-post-test only control design was the research design employed in this study, which was a quasi-experiment. Two classes made up the research sample: class X-7 served as the experimental class and class X-8 served as the control class. Pre-test and post-test questions in the form of descriptions were distributed in order to gather data. The proportion test and the Independent Sample T-test were used to analyze the data.* H_0 *was rejected and* H_a *was accepted based on the t-test analysis, which revealed that the value of* $t_{hitung}(6{,}108) > t_{tabel}(1{,}99443)$. *This suggests that the TTW learning paradigm has a greater impact on grade X students' mathematical communication skills than the regular learning paradigm. Furthermore, students in the experimental class had a larger percentage of classical completeness (41.67%) than students in the control class (2.78%). However, when it came to grade X students' mathematical communication skills, the classical completeness of students taught using the TTW learning paradigm was not superior than that of students taught using the ordinary learning paradigm.*
Keywords*: Mathematical Communication; Think Talk Write*

Citation : Nabila, F., Surya, E. (2024). Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Think Talk Write Terhadap Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa SMA Negeri 1 Hamparan Perak. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 871 – 882

PENDAHULUAN

Kecakapan untuk berkomunikasi secara matematis ditekankan dalam kurikulum pendidikan domestik dan internasional. Murid diajari untuk dapat mengekspresikan pemikiran mereka baik

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

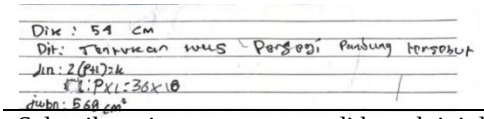
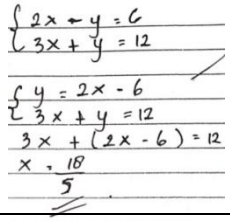
secara tertulis maupun lisan sebagai bagian pendidikan mereka, terutama ketika mereka menghadapi tantangan (Ernawati et al., 2021). Menurut Rasyid (2019), murid yang memiliki kecakapan komunikasi matematis mampu mengkomunikasikan ide atau konsep matematika secara efektif. Menurut Pemerintah Indonesia dan diharapkan dapat dicapai dalam pengajaran matematika, siswa perlu memiliki salah satu keterampilan matematika dari sekolah dasar hingga sekolah menengah atas adalah kecakapan mengkomunikasikan gagasan matematika dengan jelas (Wulandari et al., 2020). Oleh karena itu, murid yang memiliki kecakapan komunikasi matematis yang kuat akan mampu menjelaskan, menyempurnakan, mendiskusikan, dan mengembangkan konsep dan ide matematika serta memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentangnya.

Mayoritas murid kesulitan berkomunikasi secara efektif tentang tantangan matematika, menurut riset awal peneliti. Hal ini menandakan cara murid mendekati masalah matematika; mereka hanya dapat menjawab soal yang menyerupai contoh yang telah diberikan. Oleh karena itu, murid tidak mampu menyelesaikan masalah yang menyimpang dari contoh yang diberikan sebelumnya (Hakima, 2020). Selain itu, anak-anak sering kali menjadi tidak aktif di kelas saat belajar matematika karena paradigma pengajaran yang berlaku. Selain mencatat informasi dan mendengarkan penjelasan guru, murid sering kali kurang percaya diri untuk menyuarakan pendapat mereka atau menanggapi pertanyaan dari teman sebayanya (Surodi et al., 2022). Akibatnya, murid kurang mampu menjelaskan pembenaran logis untuk pertanyaan.

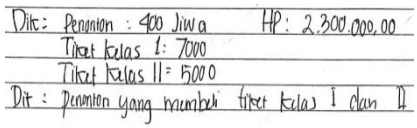
Data menandakan bahwa murid SMA Negeri 1 Hamparan Perak kurang mampu dalam menyelesaikan soal matematika, berdasarkan hasil observasi dan wawancara guru matematika. Hal ini disebabkan oleh kurangnya minat murid dalam belajar, murid cenderung membuat kesalahan saat mencoba menyelesaikan masalah, dan murid tidak mampu menyelesaikan masalah yang berbeda dari contoh guru. Akibatnya, nilai hasil rata-rata untuk belajar murid rendah dan tidak mencapai KKM yang ditetapkan. Kecakapan komunikasi matematika murid yang rendah juga terlihat saat murid mempresentasikan penyelesaiannya di depan kelas, murid kesulitan dalam mengutarakan konsep dan keadaan soal baik secara tertulis maupun lisan.

Murid kelas X di SMA Negeri 1 Hamparan Perak kesulitan menjawab pertanyaan yang diberikan, menurut pengamatan yang dilakukan selama tes kecakapan komunikasi matematika mereka. Penanda keterampilan komunikasi matematika dalam riset ini telah dimasukkan ke dalam pertanyaan. Tabel 1 menandakan beberapa kesalahan yang dilakukan murid saat menyelesaikan pertanyaan deskriptif yang diberikan.

Tabel 1 Hasil Jawaban dan Pemeriksaan Hasil Jawaban Murid

Soal dan jawaban siswa	Pemeriksaan Hasil Jawaban Murid
Sebuah persegi panjang mempunyai panjang dua kali lebarnya dan kelilingnya adalah 54, tentukan luas persegi panjang tersebut! 	*Written Text* (Menulis) Menurut temuan pemeriksaan, murid masih belum mampu mengartikulasikan konsep, skenario, dan koneksi matematika secara tertulis.
Selesaikan sistem persamaan di bawah ini dengan metode grafik; $2x - y = 6$; $3x + y = 12$ 	*Drawing* (Menggambar) Menurut temuan pemeriksaan, murid masih belum mampu menyampaikan konsep matematika secara visual, seperti menggunakan grafik.

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Terdapat 400 penonton dalam stadion sepak bola. Tiket yang bisa digunakan untuk menonton pertandingan tersebut adalah jenis tiket kelas I Rp. 7.000, sedangkan tiket kelas II, Rp. 5.000. Hasil penjualan tiket masuk sebesar 2,3 juta rupiah. Ada berapa banyak penonton yang membeli tiket kelas I dan kelas II. Jawaban  	*Mathematical Expressianalision* (Ekspresi Matematika) Menurut temuan pemeriksaan, murid masih tidak dapat menggunakan simbol, paradigma, atau ekspresi matematika untuk menjelaskan konsep dan keadaan yang menantang.

Berdasarkan pemeriksaan respons, keterampilan komunikasi matematika murid masih sangat rendah. Berdasarkan tiga ukuran keterampilan komunikasi matematika, yaitu teks tertulis (*writing*), menggambar (*drawing*), dan ekspresi matematika (*mathematical expression*), ketidakmampuan murid dalam menjelaskan konsep matematika secara efektif terlihat dari hasil jawaban setiap pertanyaan. Hal ini sesuai dengan hasil riset Arina dan Nuraeni (2022) yang menemukan bahwa kecakapan komunikasi matematika murid kelas X masih tergolong rendah.

Penggunaan strategi pengajaran yang sesuai dengan konteks merupakan salah satu cara untuk mendorong keterlibatan murid dalam pengajaran matematika dan mengembangkan kecakapan komunikasi matematika mereka (Habeahan et al., 2021). Paradigma pengajaran TTW merupakan pendekatan pengajaran yang diharapkan dapat meningkatkan kecakapan komunikasi matematika murid. Salah satu taktik yang berupaya untuk mendorong dan meningkatkan kecakapan komunikasi dan pemecahan masalah adalah paradigma pengajaran TTW (Huda et al., 2020). Murid dapat berlatih berbicara pada tahap berbicara dan mengembangkan pemikiran kreatif pada tahap berpikir dan menulis dengan bantuan paradigma pengajaran TTW ini (Warniatun dan Junaedi, 2020). Murid dapat berdiskusi, mengatur, dan mengungkapkan ide dalam pikiran mereka sebelum menuliskannya berkat pendekatan pengajaran TTW. Menurut paradigma pengajaran ini, ada tiga fase utama pengajaran matematika—berpikir, berbicara, dan menulis—yang harus ditingkatkan dan dilaksanakan sebaik mungkin. Murid membaca konten dalam bentuk pertanyaan selama tahap Berpikir, mempertimbangkan jawaban atau solusi sendiri, membuat catatan tentang konsep yang muncul, dan menyorot hal-hal yang tidak mereka pahami dalam bahasa ibu mereka. Selain itu, murid mendapat kesempatan untuk berbagi ide dan eksplorasi tahap pertama mereka selama tahap berbicara. Menurut Sutiawan dkk. (2020), mereka mengilustrasikan, menulis, dan menyajikan konsep-konsep ini dalam diskusi kelompok. Murid menuliskan konsep yang telah mereka peroleh dari latihan pada tahap sebelumnya pada langkah terakhir, yang disebut "menulis." Tujuan dari latihan berpikir, berbicara, dan menulis ini adalah untuk memberi murid kesempatan untuk terlibat secara aktif dalam pendidikan mereka dan mengasah kecakapan komunikasi mereka dalam matematika (Sembiring dkk., 2021). Akibatnya, pengembangan kecakapan komunikasi matematika terkait erat dengan paradigma TTW ini.

Temuan riset ini mencakup permasalahan berikut: 1) kecakapan komunikasi matematika murid kelas X masih rendah; 2) murid kesulitan dalam menyelesaikan soal yang berbeda dengan contoh yang diberikan sebelumnya; 3) paradigma pengajaran yang sering digunakan guru membuat murid kurang bersemangat dalam pelajaran matematika; 4) hasil rata-rata untuk belajar murid masih rendah dan sebagian besar murid belum memenuhi KKM yang ditetapkan; dan 5) murid kesulitan dalam menjelaskan konsep matematika dan situasi permasalahan baik secara tertulis maupun lisan. Dengan tujuan untuk memastikan apakah keterampilan komunikasi matematika murid kelas X lebih

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

dipengaruhi oleh paradigma pengajaran TTW daripada oleh paradigma pengajaran standar, serta untuk memastikan apakah murid yang diajari dengan paradigma pengajaran TTW memiliki tingkat penguasaan klasikal yang lebih baik daripada mereka yang diajari dengan paradigma pengajaran standar, maka dilakukan riset ini.

METODE PENELITIAN

Riset ini menggunakan desain eksperimen, khususnya desain kuasi-eksperimental. Kelas eksperimen dan kontrol digunakan dalam riset kuasi-eksperimental, yang dilakukan sejak kelas-kelas tersebut terbentuk. Sementara kelompok kontrol menerima instruksi menggunakan paradigma pengajaran standar, kelompok eksperimen menerima instruksi menggunakan paradigma pengajaran kooperatif TTW. *Pre-test Post-test Only Control Design* adalah desain yang digunakan dalam riset ini (Tabel 2) dimana X_1: *Pra-tes* murid pada kelas eksperimen; Y_1: *Pra-tes* murid pada kelas kontrol; O: Perlakuan berupa paradigma pengajaran TTW pada kelas eksperimen; X_2: *Pasca-tes* murid pada kelas eksperimen; dan Y_2: *Pasca-tes* murid pada kelas kontrol.

Tabel 2 *Pre-test Post-test Only Control Design*

Kelas	***Pra-tes***	**Perlakuan**	***Pasca-tes***
Eksperimen	X_1	O	X_2
Kontrol	Y_1	-	Y_2

(Agustianti *et al.*, 2022)

Populasi riset ini adalah seluruh murid kelas X SMA Negeri 1 Hamparan Perak pada semester genap tahun ajaran 2023–2024. Dua kelas dipilih sebagai sampel riset ini, yaitu kelas X-7 yang merupakan kelas eksperimen dengan jumlah murid 36 orang dengan menggunakan paradigma pengajaran kooperatif tipe TTW, dan kelas X-8 yang merupakan kelas kontrol dengan jumlah murid 36 orang dengan menggunakan paradigma pengajaran standar.

Tes dan non-tes berupa dokumentasi merupakan salah satu metode atau instrumen yang digunakan dalam riset ini untuk mengumpulkan datariset. Dalam riset ini, kecakapan komunikasi matematis murid dinilai menggunakan tesan sebelum dan sesudah menggunakan paradigma pengajaran standar dan paradigma pengajaran kooperatif tipe TTW. Dokumentasi foto merupakan jenis dokumentasi yang digunakan dalam riset eksperimental ini. Representasi visual dari proses pengajaran diperoleh melalui pengumpulan data dan pengambilan foto.

Alat bantu pengajaran, asesmen keterampilan komunikasi matematika, dan validitas tes merupakan beberapa perangkat pengajaran yang digunakan. Lembar Kerja Murid (LKPD) dan Rencana Pelaksanaan Pengajaran (RPP) merupakan salah satu perangkat pengajaran yang digunakan dalam riset ini. Tes yang terdiri dari lima pertanyaan deskriptif merupakan salah satu perangkat yang digunakan untuk menilai keterampilan komunikasi matematika murid. Murid di kelas eksperimen dan kelas kontrol mengikuti tes awal dan tes akhir sebagai bagian dari asesmen ini. Pengukuran keterampilan komunikasi matematika digunakan untuk mengtes hasil tes.

Tes validitas dilakukan sebelum murid mengikuti tes kecakapan komunikasi matematis. Validitas konstruk digunakan sebagai tes validitas dalam riset ini. Dua dosen dari jurusan matematika Unimed dan satu guru matematika dari SMA Negeri 1 Hamparan Perak bertindak sebagai validator dalam penyusunan validitas konstruk yang didasarkan pada teori-teori terkait.

Tiga fase proses riset adalah fase persiapan riset, fase pelaksanaan riset, dan fase kesimpulan riset. Langkah pertama dalam proses persiapan riset adalah menentukan lokasi dan jadwal riset, mengidentifikasi populasi dan sampel yang akan diteliti, menerapkan pengajaran menggunakan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

paradigma pengajaran standar dan paradigma pengajaran kooperatif tipe TTW, menyiapkan alat pengumpulan data, dan memvalidasi alat pengumpulan data sebelum melakukan riset. Tahap kedua dari proses pelaksanaan riset adalah pemberian tes deskriptif berupa tes awal kepada kelas eksperimen dan kelas kontrol sebelum dimulainya pengajaran, penerapan paradigma pengajaran kooperatif tipe TTW pada kelas eksperimen sambil menggunakan paradigma pengajaran standar pada kelas kontrol, dan pemberian tes deskriptif berupa tes akhir kepada kelas eksperimen dan kelas kontrol setelah pengajaran. Ketiga, dilakukan tes hipotesis untuk memastikan apakah paradigma pengajaran kooperatif tipe TTW memberi efek yang lebih besar pada kecakapan komunikasi matematis murid kelas X dibandingi dengan paradigma pengajaran standar. Hasil *pra-tes* dan *pasca-tes* diolah, kemudian ditarik kesimpulan berdasarkan pemeriksaan data yang telah dilakukan.

Tes prasyarat, khususnya tes normalitas dan homogenitas, dilakukan sebelum pengtesan hipotesis pada kecakapan komunikasi matematika murid. Menemukan jenis tes statistik yang tepat untuk pengtesan hipotesis merupakan tujuannya. Langkah pertama dalam menentukan apakah distribusi data riset mengikuti pola distribusi normal atau tidak adalah dengan menerapkan tes normalitas. Perangkat lunak *IBM SPSS 20* digunakan untuk menjalankan tes *Shapiro-Wilk*. Nilai sig. (signifikansi) atau probabilitas yang dihasilkan dalam hasil tes *Shapiro-Wilk* digunakan untuk menentukan kenormalan data. Faktor-faktor berikut digunakan untuk menentukan kenormalan: 1) $\alpha = 0{,}05$ adalah tingkat signifikansi; 2) Nilai sig. dibandingi dengan tingkat signifikansi: Data dianggap terdistribusi secara teratur jika sig. > tingkat signifikansi, atau Diasumsikan bahwa data tidak terdistribusi secara teratur jika sig. < ambang batas signifikansi.

Kedua, tes homogenitas digunakan untuk menentukan apakah data berasal dari dua kelompok dengan varians yang sebanding atau tidak. Dengan menggunakan perangkat lunak *IBM SPSS 20*, tes homogenitas dalam riset ini menggunakan tes *Levene*. Standar berikut digunakan untuk membuat keputusan homogenitas: 1) $\alpha = 0{,}05$ adalah tingkat signifikansi; 2) Nilai signifikansi (sig.) dibandingi dengan tingkat signifikansi: Kedua kelompok dianggap homogen dalam hal varians jika sig. > tingkat signifikansi, atau Kedua kelompok dikatakan tidak homogen dalam hal varians jika sig. < ambang signifikansi.

Ketiga, tes-t perbedaan rerata dan penguasaan klasik digunakan dalam tes hipotesis riset ini. Untuk memastikan apakah paradigma pengajaran kooperatif TTW meningkatkan kecakapan komunikasi matematika murid kelas X lebih baik daripada paradigma pengajaran standar, digunakan tes-t. Perbedaan skor rerata antara kedua kelompok murid yang menggunakan kedua paradigma pengajaran digunakan untuk menilai efek ini. Tes-t Sampel Independen adalah tes yang digunakan. Teori-teori berikut akan diselidiki dalam riset ini; (1) $H_0: \mu_1 \leq \mu_2$: Paradigma pengajaran kooperatif TTW tidak memiliki dampak lebih besar pada kecakapan komunikasi matematika murid kelas X dibandingi dengan paradigma pengajaran standar; (2) $H_a: \mu_1 > \mu_2$: Paradigma pengajaran kooperatif TTW memiliki dampak lebih besar pada kecakapan komunikasi matematika murid kelas X dibandingi dengan paradigma pengajaran standar.

Hasilnya, tes statistik parametrik—khususnya, tes t untuk membandingkan dua nilai tengah—digunakan untuk mengevaluasi hipotesis. Tingkat signifikansi yang digunakan untuk menghitung hipotesis ini adalah $\alpha = 0{,}05$. Berikut ini adalah kriteria yang digunakan untuk membuat keputusan: H_0 diterima dan H_a ditolak jika $t_{hitung} < t_{tabel}$, atau H_0 ditolak dan H_a diterima jika $t_{hitung} > t_{tabel}$.

Murid harus mencapai penguasaan belajar dengan nilai minimal 85% agar dapat dianggap tuntas secara klasikal. Pencapaian nilai yang harus memenuhi atau melampaui Kriteria Kelulusan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Minimal (KKM) sekolah digunakan untuk mengevaluasi penguasaan ini. Rumus berikut dapat digunakan untuk menentukan dan memvalidasi penguasaan belajar murid persamaan (1) (Badiah *et al*., 2022), dimana, KB: Penguasaan Belajar; S: Jumlah skor yang diperoleh murid; dan St: Jumlah skor total.

$$KB = \frac{S}{St} \times 100 \quad (1)$$

Apabila murid memenuhi nilai KKM yang ditetapkan sekolah sebesar 75 atau KB≥75, maka murid dianggap telah tuntas belajar secara individual. Dengan demikian, kriteria yang ditetapkan adalah sebagai berikut; (1) Jika $KB < 75$ maka murid dianggap belum mencapai penguasaan belajar; (2) Jika $KB \geq 75$ maka murid dianggap telah mencapai penguasaan belajar. Kemudian persamaan (2) (Badiah *et al*., 2022) juga dapat digunakan untuk menentukan penyelesaian pengajaran klasikal murid dalam kaitannya dengan keterampilan komunikasi matematika mereka, dimana PKK: Persentase Penguasaan Klasikal; T: Total murid yang tuntas belajar $(KB \geq 75)$; dan Tt: Total seluruh murid.

$$PKK = \frac{T}{Tt} \times 100\% \quad (2)$$

Untuk memastikan apakah penguasaan klasikal murid yang diajari dengan paradigma pengajaran kooperatif TTW lebih unggul dibandingi penguasaan klasikal murid yang diajari dengan paradigma pengajaran standar ditinjau dari kecakapan komunikasi matematis murid kelas X, maka dilakukan tes penguasaan klasikal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Riset ini dilaksanakan di kelas X SMA Negeri 1 Hamparan Perak. Dua kelas digunakan sebagai sampel, yaitu kelas X-7 yang merupakan kelas eksperimen dengan jumlah murid 36 orang dengan menggunakan paradigma pengajaran kooperatif tipe TTW dan kelas X-8 yang merupakan kelas kontrol dengan jumlah murid 36 orang dengan menggunakan paradigma pengajaran standar. Riset ini dilakukan selama empat pertemuan, dua di antaranya ditujukan untuk mempelajari perlakuan dan dua lagi untuk mengtes keterampilan komunikasi matematika murid.

Sebelum memberi perlakuan, peneliti menilai kecakapan komunikasi matematis murid dengan tes awal. Berdasarkan indikator keterampilan komunikasi matematis, tes awal ini dibuat. Tabel 3 menampilkan secara spesifik hasil tes awal untuk kelas eksperimen dan kontrol dalam riset ini.

Tabel 3 Deskripsi Data Hasil *Pra-tes*

	Pra-tes Eksperimen	Pra-tes Kontrol
Mean	28.961	27.731
Std. Deviation	11.1157	11.2617
Variance	123.558	126.826
Minimum	5.5	5.5
Maximum	50.0	50.0
Sum	1042.6	998.3

Jelas dari tabel sebelumnya bahwa skor *pra-tes* rata-rata kelas eksperimen dan kontrol berada pada kisaran yang lebih rendah. Skor rata-rata kelas eksperimen adalah 28,961, sedangkan kelas kontrol adalah 27,731, dengan perbedaan rata-rata 1,23 antara kedua kelas. Ini adalah satu-satunya perbedaan yang signifikan antara skor rata-rata di kedua kelas ini. Nilai tertinggi dan minimum untuk kedua kelas adalah 50 dan 5,5. Hasil *pra-tes* ini menandakan bahwa kecakapan komunikasi

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

matematika murid sebelum perlakuan sebanding di kedua kelas. Hasil tes normalitas data *pra-tes* dalam riset ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Tes Normalitas Data Hasil *Pra-tes*

Kelas		Shapiro-Wilk		
		Statistic	Df	Sig.
Hasil Pra-tes	Pra-tes Eksperimen	.965	36	.312
	Pra-tes Kontrol	.965	36	.315

Dapat diputuskan bahwa data *pra-tes* pada kedua kelas tersebut berdistribusi normal karena berdasarkan tabel di atas, tes normalitas data *pra-tes* murid kelas eksperimen menandakan nilai sig. (0,312) > 0,05, sedangkan tes normalitas data pra-tes murid kelas kontrol menandakan nilai sig. (0,315) > 0,05. Hasil tes homogenitas data *pra-tes* dalam riset ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Tes Homogenitas Data Hasil *Pra-tes*

		Statistik Levene	df1	df2	Sig.
Hasil Pra-tes	Berdasarkan Rata-rata	.026	1	70	.873
	Berdasarkan Median	.040	1	70	.841
	Berdasarkan Median dan dengan df yang disesuaikan	.040	1	69.829	.841
	Berdasarkan Rata-rata yang dipangkas	.024	1	70	.877

Kedua kelompok menandakan varians yang homogen, menurut temuan tes homogenitas pada data pra-tes (Lampiran 18), yang mengungkapkan sig. (0,873)> 0,05.

Data hasil tes awal dikenai tes-t kesamaan mean. Karena data yang diolah memiliki varians yang homogen dan distribusi normal, maka digunakan Tes-T Sampel Independen menggunakan SPSS versi 20. Hipotesis yang digunakan; (1) H_0: Sebelum perlakuan, keterampilan komunikasi matematika murid kelas eksperimen dan kelas kontrol adalah identik; dan (2) H_a: Sebelum perlakuan, murid di kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki keterampilan komunikasi matematika yang bervariasi. Hasil tes hipotesis data *pra-tes* dalam riset ini dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Tes-t Kesamaan Rata-rata Data Hasil *Pra-tes*

		Tes-t untuk Kesetaraan Rata-rata			
		T	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference
Hasil Pra-tes	Varians yang diasumsikan sama	.467	70	.642	1.2306
	Varians yang tidak diasumsikan sama	.467	69.988	.642	1.2306

Nilai t_{tabel} sebesar 1,99443 diperoleh dari hasil tes pada taraf nyata α = 0,05 dan dk = 36 + 36-2 = 70. Nilai t_{hitung} ditetapkan sebesar = 0,467 berdasarkan tabel tes hipotesis hasil data *pre-tes* murid pada kedua kelas. Akibatnya, angka t_{hitung} lebih kecil dari t_{tabel}, yang menandakan bahwa H_0 diterima dan H_a ditolak. Hal ini menandakan bahwa kecakapan komunikasi matematis murid pada kelas eksperimen dan kelas kontrol identik sebelum perlakuan.

Tabel 7 menampilkan temuan statistik deskriptif dari data *pasca-tes* berdasarkan riset yang dilakukan di kelas eksperimen. Data *pasca-tes* kelas eksperimen memiliki kemiringan ke kiri dengan nilai kemiringan -0,560. Distribusi data dianggap normal jika nilai kemiringan berada di antara -2 dan 2. Lebih jauh, nilai yang kurang dari tiga ditunjukkan oleh koefisien kurtosis sebesar 0,029. Hal

ini menandakan variasi dalam data pasca-tes di kelas eksperimen dan menandakan bahwa kurva distribusi data bersifat platikurtik.

Tabel 7 Hasil Statistik Data Hasil *Pasca-tes* Kelas Eksperimen

		Kelas Ekeperimen	Kelas Kontrol
Rata-rata		72.172	58.392
Interval Keyakinan 95% untuk	Batas Bawah	69.121	54.975
Rata-rata	Batas Atas	75.223	61.808
Rata-rata Terpotong 5%		72.502	58.474
Median		73.000	59.550
Varians		81.324	101.950
Deviasi Standar		9.0180	10.0970
Minimum		50.0	38.4
Maksimum		88.4	76.9
Jangkauan		38.4	38.5
Jangkauan Interkuartil		10.6	15.3
Kemiringan		-.560	-.221
Kurtosis		.029	-.878

Berdasarkan riset yang dilakukan pada kelas kontrol, hasil statistik deskriptif dari data *pasca-tes* dapat dilihat pada Tabel 7, data *pasca-tes* kelas eksperimen memiliki kemiringan ke kiri dengan nilai kemiringan -0,560. Distribusi data dianggap normal jika nilai kemiringan berada di antara -2 dan 2. Lebih jauh, nilai yang kurang dari tiga ditunjukkan oleh koefisien kurtosis sebesar 0,029. Hal ini menandakan variasi dalam data pasca-tes di kelas eksperimen dan menandakan bahwa kurva distribusi data bersifat platikurtik. Kemudian untuk hasil tes normalitas data *pasca-tes* dalam riset ini dapat ditemukan pada Tabel 8.

Tabel 8 Tes Normalitas Data Hasil *Pasca-tes*

	Shapiro-Wilk		
	Statistik	Df	Sig.
Pasca-tes Eksperimen	.961	36	.232
Pasca-tes Kontrol	.963	36	.271

Karena jumlah sampel di setiap kelas kurang dari 50, maka digunakan tabel *Shapiro-Wilk* untuk menentukan nilai signifikansi. Dapat diputuskan bahwa data *pasca-tes* di kedua kelas berdistribusi normal karena hasil tes normalitas data *pasca-tes* kecakapan komunikasi matematis murid kelas eksperimen menandakan nilai sig. (0,232) > 0,05, sedangkan hasil tes normalitas data *pasca-tes* kecakapan komunikasi matematis murid kelas kontrol menandakan nilai sig. (0,271) > 0,05. Sedangkan untuk hasil tes homogenitas data *pasca-tes* dalam riset ini dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Tes Homogenitas Data Hasil *Pasca-tes*

		Statistik Levene	df1	df2	Sig.
Hasil Pasca-tes	Berdasarkan Rata-rata	1.204	1	70	.276
	Berdasarkan Median	1.426	1	70	.237
	Berdasarkan Median dan dengan df yang disesuaikan	1.426	1	69.765	.237
	Berdasarkan Rata-rata yang dipangkas	1.307	1	70	.257

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Berdasarkan hasil tes homogenitas yang telah dilakukan pada data hasil *pasca-tes* dari kedua kelas, diperoleh nilai sig.$(0{,}276) > 0{,}05$. Hal ini menandakan bahwa kedua kelas memiliki varians yang homogen. Tes-t untuk perbedaan rata-rata dan kelengkapan klasik digunakan dalam tes hipotesis riset ini untuk data hasil *pasca-tes.* Dalam riset ini, hipotesis yang dites mencakup; $H_0: \mu_1 < \mu_2$: Bagi murid kelas X SMA Negeri 1 Hamparan Perak, paradigma pengajaran kooperatif TTW tidak memberi efek yang lebih besar pada kecakapan komunikasi matematika mereka dibandingi dengan paradigma pengajaran standar. $H_a: \mu_1 > \mu_2$: Bagi murid kelas X SMA Negeri 1 Hamparan Perak, paradigma pengajaran kooperatif TTW memberi efek yang lebih besar pada kecakapan komunikasi matematika mereka dibandingi dengan paradigma pengajaran standar. Hasil tes-t untuk data *pasca-tes* dalam riset ini tersedia pada Tabel 10.

Tabel 10 Tes-t Data Hasil *Pasca-tes*

		t-test for Equality of Means			
		T	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference
Hasil Pasca-tes	Varians yang diasumsikan sama	6.108	70	.000	13.7806
	Varians yang tidak diasumsikan sama	6.108	69.124	.000	13.7806

Hasil tes taraf nyata adalah dk = 36 + 36-2 = 70 dan α = 0,05. Nilai t_{tabel} yang diperoleh adalah 1,99443. Nilai t_{hitung} diperoleh sebesar 6,108 berdasarkan tabel tes hipotesis data *pasca-tes* murid pada kedua kelas. Paradigma pengajaran kooperatif tipe TTW memberi efek yang lebih besar pada kecakapan komunikasi matematis murid kelas X SMA Negeri 1 Hamparan Perak dibandingi dengan paradigma pengajaran standar, terbukti dari nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$, sehingga menolak H_0 dan menerima H_a.

Jika jawaban yang benar sama dengan ≥75, yaitu nilai KKM yang ditetapkan di SMA Negeri 1 Hamparan Perak pada sesi matematika kelas X, maka penyelesaian masing-masing murid dianggap tuntas. Tabel 11 menandakan penguasaan klasikal murid yang menyelesaikan kraetaterampilan komunikasi matematika di kelas eksperimen dan kelas kontrol riset.

Tabel 11 Persentase Penguasaan Klasikal Murid

Keterangan	Kelas Eksperimen		Kelas Kontrol	
	Jumlah Murid	Persentase	Jumlah Murid	Persentase
Tuntas	15	41,67%	1	2,78%
Tidak Tuntas	21	58,33%	35	97,22%
Jumlah	36	100%	36	100%

Persentase penguasaan klasikal murid kelas eksperimen adalah 41,67%, sedangkan kelas kontrol adalah 2,78%. Perbedaan persentase antara kedua kelas adalah 38,89%. Ini menandakan bahwa, dalam hal kecakapan komunikasi matematis, murid di kelas eksperimen berprestasi lebih baik secara klasikal daripada mereka yang berada di kelompok kontrol. Namun, untuk keterampilan komunikasi matematika murid kelas X, Apabila murid diajari dengan paradigma pengajaran standar, penguasaan klasikalnya tidak lebih baik dibandingi ketika mereka diajari dengan paradigma pengajaran kooperatif TTW. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa penguasaan klasikal murid kelas eksperimen belum mencapai tingkat penyelesaian pengajaran klasikal 85% yang telah ditentukan sebelumnya.

Murid di kelas eksperimen mengalami peningkatan kecakapan komunikasi matematika dibandingi dengan murid di kelompok kontrol sebagai hasil dari paradigma pengajaran kooperatif TTW. Murid terlibat aktif dalam pengajaran dengan paradigma ini, yang berhasil memotivasi mereka untuk meningkatkan kecakapan komunikasi matematika mereka. Menurut Asis et al. (2021),

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

pendekatan pengajaran TTW membantu murid terstandar membicarakan ide-ide mereka dengan teman dan mencatat hasil diskusi tersebut selama proses pengajaran. Murid memiliki pemahaman lebih dalam tentang topik pelajaran dan mampu meningkatkan kecakapan komunikasi matematika mereka, yang membuat proses pengajaran lebih bermakna bagi mereka.

Tiga fase utama proses pengajaran—berpikir, berbicara, dan menulis—dimasukkan dalam paradigma pengajaran kooperatif tipe TTW. Murid harus membaca LKPD sendiri untuk tingkat pertama, Berpikir. Murid sekarang diminta untuk memasukkan informasi dari LKPD mengenai kesulitan yang mereka pahami dan yang tidak mereka pahami.

Guru memberi instruksi kepada murid untuk berdiskusi dalam kelompok selama fase kedua, yang disebut berbicara. Tujuannya adalah untuk membahas informasi dalam catatan yang telah mereka buat sebelumnya dan untuk berbagi pemikiran. Murid dipaksa untuk berbicara dalam bahasa asli mereka untuk mengomunikasikan pemikiran mereka tentang cara mengatasi tantangan. Hal ini sesuai dengan teori pengajaran Piaget, yang menyatakan bahwa guru memiliki dampak yang signifikan pada pengajaran murid dengan menstimulasi mereka sehingga mereka dapat secara aktif terlibat dengan lingkungan sekitar dan mencari serta menemukan berbagai hal di sana (Hapudin, 2021).

Sebagai fasilitator, guru memimpin percakapan dan membantu kelompok yang mengalami kesulitan. Hal ini sesuai dengan simpulan utama teori belajar Vygotsky yang sangat menekankan pada scaffolding, yaitu upaya yang dilakukan oleh orang dewasa untuk membantu murid belajar dan memecahkan masalah. Instruksi, dorongan, atau uraian masalah merupakan contoh bantuan yang dapat membantu murid menjadi mandiri (Handayani, 2022). Murid dapat berdebat dan bekerja sama secara aktif untuk memecahkan masalah dalam suasana kelas yang tercipta dari kegiatan ini, yang juga dapat membantu murid meningkatkan keterampilan komunikasi matematisnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Nasrulloh dan Umardiyah (2020) bahwa diskusi kelompok merupakan salah satu metode untuk meningkatkan kecakapan komunikasi matematis.

Guru menginstruksikan murid untuk menggunakan bahasa mereka sendiri untuk menuliskan pengetahuan yang telah mereka pelajari dari percakapan sebelumnya di tahap ketiga, yang disebut menulis. Guru kemudian meminta satu kelompok untuk melaporkan temuan diskusi mereka kepada seluruh kelas. Kelompok lain mendengarkan dan bebas untuk mengajukan pertanyaan jika ada yang tidak jelas atau jika hasilnya berbeda. Murid didorong untuk mendiskusikan ide-ide matematika dengan teman sebaya mereka baik secara tertulis maupun lisan sebagai bagian dari latihan menulis ini, yang bertujuan untuk membantu mereka memperkuat keterampilan komunikasi matematika mereka. Guru meminta sejumlah murid untuk mempertimbangkan dan menarik kesimpulan dari konten pelajaran di akhir.

Berdasarkan hasil tes hipotesis, kecakapan komunikasi matematis murid kelas X lebih meningkat dengan paradigma pengajaran kooperatif TTW dibandingi dengan paradigma pengajaran standar. Hasil riset terdahulu yang relevan, seperti riset Wulandari dkk. (2020) yang menemukan bahwa paradigma pengajaran TTW meningkatkan kecakapan komunikasi matematis murid, mendukung hasil riset ini. Menurut Habeahan dkk. (2021), murid yang diajari dengan paradigma pengajaran TTW memiliki kecakapan komunikasi matematis yang lebih unggul dibandingi dengan murid yang diajari dengan paradigma pengajaran standar. Demikian pula, Wahidiyah dkk. (2019) melaporkan bahwa murid yang menggunakan paradigma pengajaran TTW memiliki kecakapan komunikasi matematis yang lebih unggul dibandingi dengan murid yang menggunakan paradigma pengajaran standar. Selain itu, hasil pengtesan hipotesis menandakan bahwa, dalam hal keterampilan

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

komunikasi matematika, murid di kelas eksperimen lebih tuntas secara klasikal daripada murid di kelompok kontrol. Menurut riset ini, murid yang menggunakan paradigma TTW memiliki tingkat penguasaan belajar klasikal yang lebih baik daripada mereka yang menggunakan paradigma pengajaran normal. Namun, untuk keterampilan komunikasi matematika murid kelas X, penguasaan klasikal murid yang diajari menggunakan paradigma pengajaran kooperatif tipe TTW tidak lebih unggul daripada penguasaan klasikal murid yang diajari menggunakan paradigma pengajaran standar. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa penguasaan klasikal murid kelas eksperimen belum mencapai tahap penguasaan belajar klasikal yang ditetapkan yaitu 85%.

KESIMPULAN

Temuan berikut ini diperoleh dari hasil riset dan pemeriksaan data tentang dampak paradigma pengajaran kooperatif TTW pada kecakapan komunikasi matematis murid di SMA Negeri 1 Hamparan Perak: 1) Kecakapan komunikasi matematis murid kelas X SMA Negeri 1 Hamparan Perak lebih baik dipengaruhi oleh paradigma pengajaran kooperatif TTW dibandingi dengan paradigma pengajaran normal. Hal ini terbukti dari rata-rata skor kecakapan komunikasi matematis murid kelas eksperimen sebesar 72,172 lebih tinggi dibandingi dengan skor rata-rata kelompok kontrol sebesar 58,392. Sementara itu, paradigma pengajaran kooperatif tipe TTW memberi efek yang lebih baik dibandingi dengan paradigma pengajaran standar pada kecakapan komunikasi matematis murid kelas X SMA Negeri 1 Hamparan Perak; 2) Penguasaan klasikal murid kelas eksperimen lebih tinggi dibandingi dengan penguasaan klasikal murid kelas kontrol ditinjau dari kecakapan komunikasi matematis, berdasarkan pemeriksaan hasil tes hipotesis dengan *Independent Sample T-test* diperoleh nilai $t_{hitung}(6{,}108) > t_{tabel}(1{,}99443)$ sehingga H_0 ditolak dan H_a diterima. Hal ini disebabkan dengan tingkat penguasaan klasikal murid kelas eksperimen sebesar 41,67%, yang lebih tinggi dibandingi dengan tingkat penguasaan klasikal murid kelas kontrol sebesar 2,78%. Akan tetapi, jika dilihat dari kecakapan komunikasi matematika murid kelas X, penguasaan klasikal murid yang diajari dengan paradigma pengajaran kooperatif tipe TTW tidak lebih unggul dibandingi dengan penguasaan klasikal murid yang diajarimemberik dengan paradigma pengajaran standar. Hal ini disebabkan karena penguasaan klasikal murid kelas eksperimen belum mencapai tingkat penguasaan klasikal yang telah ditetapkan yaitu 85%.

DAFTAR PUSTAKA

Agustianti, R., Pandriadi, Nussifera, L., Wahyudi, Angelianawati, L., Meliana, I., et al. (2022). *Metode Riset Kuantitatif & Kualitatif.* Makassar: Tohar Media.

Arina, J., & Nuraeni, R. (2022). Kecakapan Komunikasi Matematis Murid Kelas X SMK di Ponpes Nurul Huda. *PLUSMINUS Jurnal Pendidikan Matematika, 2*(2), 315-324. https://doi.org/10.31980/plusminus.v2i2.1107

Asis, A., Suaedi, & Ilyas, M. (2021). Pengaruh Penerapan Paradigma Pengajaran Kooperatif Tipe *Think Talk Write* Pada Komunikasi Matematika Murid. *Proximal: Jurnal Riset Matematika dan Pendidikan Matematika*, *4*(2), 37-47. https://doi.org/10.30605/proximal.v4i2.1231

Badiah, N., Erviyenni, & Herdini. (2022). Pemeriksaan Penguasaan Belajar Peserta Didik pada Pokok Bahasan Kesetimbangan Melalui Pengajaran Blended Learning di Kelas XI MIPA SMAN 2 Tambang. *UNESA Journal of Education, 11*(3), 186-194. https://doi.org/10.26740/ujced.v11n3.p186-194

Damayanti, R. R., Zulkarnain, I., & Sari, A. (2020). Kecakapan Komunikasi Matematis Murid dalam Pengajaran Matematika Paradigma *Quick on The Draw*. *EDU-MAT : Jurnal Pendidikan Matematika*, *8*(1), 54-61. http://dx.doi.org/10.20527/edumat.v8i1.8352

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Ernawati, Zulmaulida, R., Saputra, E., Munir, M., Zanthy, L., Rusdin, et al. (2021). *Problematika Pengajaran Matematika.* Aceh: Yayasan Penerbit Muhammad Zaini.

Habeahan, W. L., Sitio, H., & Wahyuni, F. (2021). Pengaruh Pengajaran *Think-Talk-Write* Pada Kecakapan Komunikasi Matematik dan Sikap Positif Murid Pada Matematika. *Journal of Didactic Mathematics, 2*(1), 50-61. https://doi.org/10.34007/jdm.v2i1.619

Hakima, N. I. (2020). Pemeriksaan Kecakapan Berpikir Kritis Murid Ditinjau dari Gaya Belajar Tipe KOLB pada Materi Bilangan Bulat. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, 8*(1), 1-10. http://dx.doi.org/10.31941/delta.v8i1.886

Handayani, N. L. (2022). *BUKU AJAR ILMU PENDIDIKAN DAN INOVASI PENGAJARAN*. Purwokerto: Pena Persada.

Hapudin, M. S. (2021). *TEORI BELAJAR DAN PENGAJARAN Menciptakan Pengajaran yang Kreatif dan Efektif.* Jakarta: KENCANA.

Nasrulloh, M., & Umardiyah, F. (2020). *Efektivitas Strategi Pengajaran Think Talk Write (TTW) pada Pengajaran Matematika.* Jombang: LPPM Universitas KH. A. Wahab Hasbullah.

Rasyid, M. A. (2019). Kecakapan Komunikasi Matematis dalam Pengajaran Matematika. *Jurnal Edukasi, 5*(1), 77-86. https://doi.org/10.51836/je.v5i1.116

Sembiring, R., Simorangkir, F., & Anzelina, D. (2021). *Pengajaran Think-Talk-Write (TTW) untuk Meningkatkan Komunikasi Matematik dan Sikap Positif Murid.* Surabaya: Jakad Media Publishing.

Surodi, A., Nurcahyono, N. A., & Lukman, H. S. (2022). Penerapan Paradigma Pengajaran *Think-Talk-Write* (TTW) pada Kecakapan Komunikasi Matematis Murid Berdasarkan Gender. *Jurnal PEKA (Pendidikan Matematika), 06*(01), 45-55. https://doi.org/10.37150/jp.v6i1.1634

Sutiawan, H., Suyono, & Wiraningsih, E. D. (2020). Pengaruh Paradigma Pengajaran Kooperatif *Think Talk Write* pada Kecakapan Komunikasi dan Disposisi Matematis Ditinjau dari Kecakapan Awal Matematika Murid. *Jurnal Riset Pengajaran Matematika, 13*(1), 33-46. http://dx.doi.org/10.30870/jppm.v13i1.2790

Wahidiyah, N. A., Nizaruddin, & Aini, A. N. (2019). Efektivitas Paradigma Pengajaran Kooperatif Tipe Think Talk Write Ditinjau dari Kecakapan Komunikasi Matematis. *Imajiner: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika, 1*(6), 339-347. https://doi.org/10.26877/imajiner.v1i6.4863

Warniatun, & Junaedi, I. (2020). Mathematical Literacy Ability of 8th Graders in Problem Based Learning with Think Talk Write Approach. *UJME UNNES JOURNAL OF MATHEMATICS EDUCATION, 9*(2), 129-139. https://doi.org/10.15294/ujme.v9i2.32421

Wulandari, M. R., Nurdiana, A., & Partono. (2020). Penerapan Paradigma Pengajaran *Think Talk Write* pada Kecakapan komunikasi Matematis Murid Kelas X IPA. *INDIKTIKA (Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika), 2*(2), 116-125. https://doi.org/10.31851/indiktika.v2i2.3982

© Jurusan Matematika – Universitas Negeri Medan

Penerbit CV. Kencana Emas Sejahtera
Jl. Pimpinan Gg. Agama No.17 Medan
Email finamardiana3@gmail.com
HP 082182572299/ 08973796444

ISBN 978-634-7059-33-8
9 786347 059338