



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

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

2024

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 menyebarkan 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 Fibonacci: Jurnal Pendidikan Matematika; (2) Journal of Mathematics, Computations, 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) Rektor 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. Ranguti, 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 Tipe The 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 Neighbors 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 Macromedia 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 Hypohtetical 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 syntax Python berbasis Metode Modifikasi Runge-Kutta Verner untuk menunjukkan perilaku bullying

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 Menunjukkan Perilaku Chaotic Sistem Rossler 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 Algoritma 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 BBKA 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 Peserta 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 Pemilihan 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 Multidimensional 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 Yuwindi, 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 Dompot 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 Python untuk menunjukkan Keakuratan Metode Modifikasi RK4 dibandingkan dengan Metode RK Merson untuk MNA

Erika Putri Fadluna^{1*}, Rendy Zikriansyah Fauzi Saragih², Raja Alamsyah³, Yulita Molliq Ranguti⁴
^{1,2,3,4}Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan,

Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia

*Corresponding 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 mendapatkan 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

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.

$$y_{n+1} = y_n + \frac{1}{6} (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \quad (1)$$

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

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 $k_5 = h * f\left(t_n + h, y_n + \frac{1}{2}k_1 - \frac{3}{2}k_3 + 2k_4\right)$. Memperkenalkan ketidakpastian (misalnya menggunakan fuzzy number $\varepsilon = 0.01$, 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 $y_1(r, t) = t + (0.96 + 0.04r)e^{-t}$ dan $y_2(r, t) = t + (1.01 - 0.01r)e^{-t}$; (2) g-H dapat diturunkan $y_1(r, t) = 1 + t + (-0.04 + 0.04r)e^{-t}$ 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:
```

```
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 syntax 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 syntax bisa digunakan untuk 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 di dalam syntax Python, Solusi Menggunakan MRK dan RKM

```
# Solusi menggunakan MRK
```

Prosiding Seminar Nasional Jurusan Matematika

Transformasi, Rekonstruksi, dan Integrasi Keilmuan dalam Pembelajaran Matematika Menuju Era Inovasi dan Kolaborasi
Medan, 20 November 2024

```
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

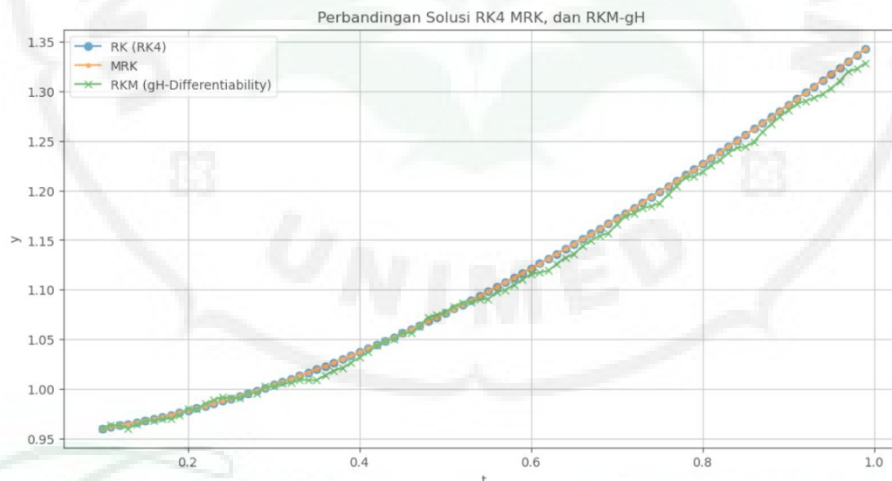
Hasil Metode Runge-Kutta Merson dengan gH-Differentiability (RKM-gH):		
	t	y (RKM-gH)
0	0.10	0.960000
1	0.11	0.963274
2	0.12	0.963125
3	0.13	0.960092
4	0.14	0.963893
...	...	...
85	0.95	1.303187
86	0.96	1.310012
87	0.97	1.319868
88	0.98	1.322637
89	0.99	1.328669

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.

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

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 Diferensial 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>

- 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 Runge-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

