



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.

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.

Logistik

Muhammad Badzlan Darari, S.Pd., M.Pd.

Putri Harliana, S.T., M.Kom.

Philips Pasca G. Siagian, S.Pd., M.Pd.

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 Algoritma Metode Runge-Kutta Orde Ketiga Rataan Aritmatika untuk melihat dinamika Penyebaran penyakit Demam Berdarah

Glenn Kelty David Manurung^{1*}, Eli Safitri², Ronasip Heppy Ria Sibarani³, Yulita Molliq Rangkuti⁴
^{1,2,3,4}Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan,

Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia

*Corresponding Author: gkelty.dm@gmail.com,

Abstrak, Makalah ini pengimplementasian metode Runge-Kutta order ketiga Rataan 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 Algoritma 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).

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).

$$\frac{dS_h}{dt} = \mu_h N_h - \frac{\beta_h b}{N_h} I_v S_h - \mu_h S_h - \theta_h R_h, \quad (1)$$

$$\frac{dI_h}{dt} = \frac{\beta_h b}{N_h} I_v S_h - (\mu_h + \gamma_h) I_h, \quad (2)$$

$$\frac{dS_v}{dt} = \gamma_h I_h - (\mu_v + \theta_h) R_h, \quad (3)$$

$$\frac{dS_v}{dt} = \mu_v N_v - \frac{\beta_v b}{N_h} I_h S_v - \mu_v S_v, \quad (4)$$

$$\frac{dI_v}{dt} = \frac{\beta_v b}{N_h} I_h S_v - \mu_v I_v. \quad (5)$$

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, μ_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, γ_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 $\theta_h = 1/730$.

Penyelesaian 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 rata-rata 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 menyelesaikan 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 (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 library `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 diperkenalkan oleh Ahamad dan Yacoub (2013). Metode ini telah menyelesaikan Persamaan Diferensial Agak Kaku. Metode ini dapat ditulis dalam persamaan (6)

$$y_{n+1} = y_n + h \left[\frac{4 + 3\sqrt{2}}{4} k_1 - \frac{12 + 9\sqrt{2}}{4} k_2 + \frac{6 + 3\sqrt{2}}{2} k_3 \right] \quad (6)$$

Dimana $k_1 = f(t_n, y_n)$; $k_2 = f\left(t_n + \frac{2-\sqrt{2}}{3}h, y_n + \frac{2-\sqrt{2}}{4}hk_1\right)$, $k_3 = f\left(t_n + \frac{1}{3}h, y_n + \frac{1}{3}\left(\frac{k_1+k_2}{2}\right)h\right)$.

Disini $k_i, i = 1, 2, \dots, 9$ 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
```

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.")
```


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 * DD(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 * EE(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
```



```
return t_values, Sh_values, Ih_values, Rh_values, Sv_values, Iv_values
```

Selanjutnya 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.

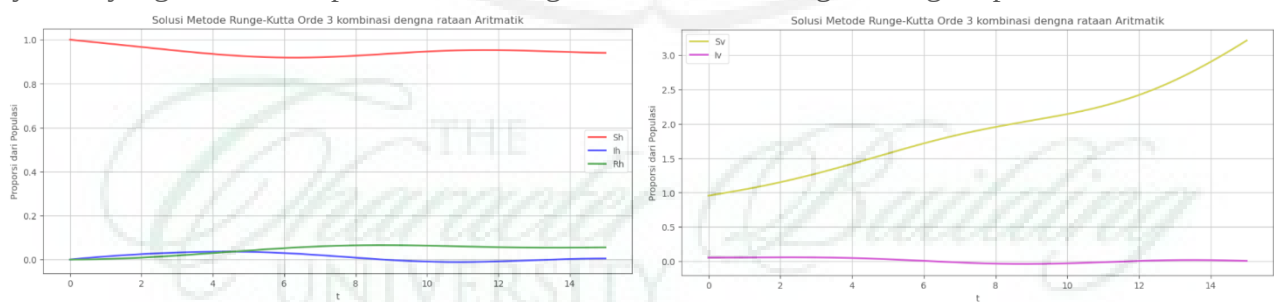
```
# Plot hasil
plt.figure(figsize=(12,5))
plt.plot(t_values, Sh_values,'r-',linewidth=2,label='Sh')
plt.plot(t_values, Ih_values,'b-',linewidth=2,label='Ih')
plt.plot(t_values, Rh_values,'g-',linewidth=2,label='Rh')
plt.xlabel('t')
plt.ylabel('Proporsi dari Populasi')
plt.title('Solusi Metode Runge-Kutta Orde 3 kombinasi dengna rataaan 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 rataaan 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 $0 \leq t \leq 15$.

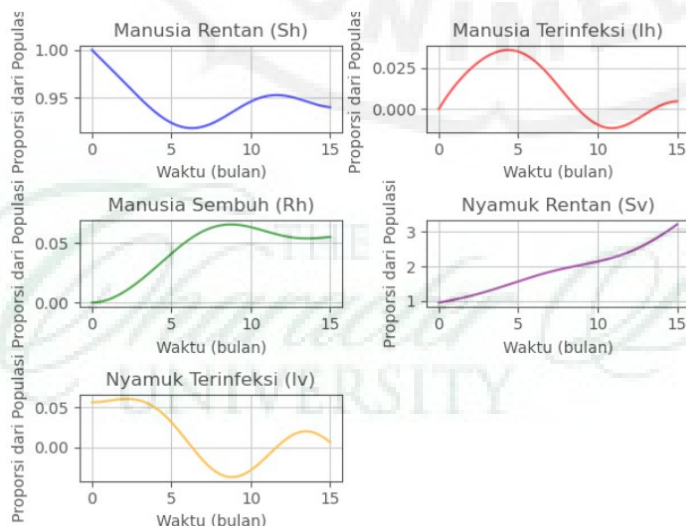
Berikut ini syntax python untuk menunjukkan dinamika penyebaran demam dengue untuk tiap variabel, $S_h(t)$, $I_h(t)$, $R_h(t)$, $S_v(t)$, I_v .

```
# 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)
```

```
# 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.

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., Andayani, 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.

- 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., Guirou, 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