



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 Mengoptimalkan 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

Implementasi Metode Shannon-Runge-Kutta-Gill dalam Model SIR untuk Prediksi Penyebaran COVID-19: Pendekatan Numerik dengan Python

M. Fauzan Hidayat^{1*}, Yulita Molliq Rangkuti², Siti Ananda Budiana Nasution³,
Joel Arie Putranta Ginting⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan,
Medan 20221, Sumatera Utara, Indonesia

*Corresponding Author: fauzanhidayat773@gmail.com

Abstrak, makalah ini pengimplementasian metode Shannon-Runge-Kutta-Gill (SRKG) dalam pemodelan penyebaran penyakit menular menggunakan model Susceptible-Infected-Recovered (SIR). Model SIR, yang memodelkan dinamika populasi rentan, terinfeksi, dan sembuh, diselesaikan secara numerik menggunakan metode SRKG untuk meningkatkan stabilitas dan akurasi perhitungan. Parameter seperti laju infeksi (β) dan laju pemulihan (γ) digunakan dalam simulasi penyebaran COVID-19 selama periode waktu tertentu. Simulasi dilakukan menggunakan pemrograman Python. Hasil simulasi dengan menggunakan Python tersebut menunjukkan pola penurunan populasi rentan, peningkatan populasi sembuh, serta puncak infeksi sesuai dengan karakteristik penyebaran penyakit. Visualisasi 2D dan 3D digunakan untuk menggambarkan perkembangan epidemi, memberikan wawasan penting dalam memahami dinamika penyebaran COVID-19. Artikel ini menunjukkan bahwa metode SRKG menggunakan Python mampu memberikan prediksi yang lebih akurat dan stabil, sehingga dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan dalam mitigasi penyakit menular.

Kata kunci: SIR, Shannon-Runge-Kutta-Gill, Python, COVID-19.

Abstract, this paper implements the Shannon-Runge-Kutta-Gill (SRKG) method in modeling the spread of infectious diseases using the Susceptible-Infected-Recovered (SIR) model. The SIR model, which models the dynamics of susceptible, infected, and resolved, is solved numerically using the SRKG method to improve computational stability and accuracy. Parameters such as the infection rate (β) and recovery rate (γ) are used to simulate the spread of COVID-19 over time. The simulation was carried out using Python programming. The simulation results using Python show a pattern of decreasing susceptible populations, increasing recovered populations, and peak infections according to the characteristics of the spread of the disease. 2D and 3D visualizations are used to illustrate the development of the epidemic, providing essential insights into understanding the dynamics of the spread of COVID-19. This article shows that the SRKG method using Python can provide more accurate and stable predictions so that it can be used to support decision-making in mitigating infectious diseases..

Keywords: SIR, Shannon-Runge-Kutta-Gill, Python, COVID-19

Citation : Hidayat, M. F., dkk. (2024 Implementasi Metode Shannon-Runge-Kutta-Gill dalam Model SIR untuk Prediksi Penyebaran COVID-19: Pendekatan Numerik dengan Python. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 316 – 325

PENDAHULUAN

Sejak awal kemunculannya di Wuhan pada akhir 2019, COVID-19 telah menyebar dengan cepat ke seluruh dunia, mengakibatkan krisis kesehatan global. Di Indonesia, kasus pertama dilaporkan pada Maret 2020, dan sejak saat itu terjadi peningkatan kasus secara signifikan di berbagai wilayah, termasuk Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Banyak penelitian telah dilakukan untuk memprediksi penyebaran COVID-19, namun hasil prediksi tersebut sering kali bervariasi karena perbedaan pola penyebaran di setiap daerah. Oleh karena itu, model matematika seperti model SIR

(Susceptible-Infected-Recovered) digunakan untuk memahami dinamika penyebaran penyakit tersebut (Kusumo & Susyanto, 2020; Sari & Arfi, 2021a; Sindi et al., 2020).

Model Susceptible-Infected-Recovered (SIR) adalah model epidemi dasar yang digunakan untuk memprediksi penyebaran penyakit menular. Model ini menggambarkan populasi yang dibagi ke dalam tiga kelompok, yaitu (Diamtoro et al., 2021). Model SIR yang digunakan dalam penelitian ini dinyatakan sebagai sistem persamaan diferensial berikut (Sari & Arfi, 2021b):

$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI, \quad (1)$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I, \quad (2)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I, \quad (3)$$

dimana: $S(t)$ adalah jumlah individu yang rentan pada waktu t , $I(t)$ adalah jumlah Individu yang rentan terhadap infeksi pada waktu t , $R(t)$ adalah jumlah Individu yang sembuh dan memiliki kekebalan terhadap penyakit pada waktu t , β adalah laju penularan, dan γ adalah laju pemulihan. Model ini akan digunakan untuk memprediksi perkembangan jumlah individu dalam kategori S , I , dan R selama periode tertentu. Dalam konteks pandemi COVID-19, model ini telah digunakan untuk memprediksi pola penyebaran dan efektivitas berbagai intervensi seperti karantina dan vaksinasi (Kusumo & Susyanto, 2020).

Penyelesaian model SIR secara numerik perlu dapat diterapkan. Salah satu metode yang sering digunakan adalah metode Runge-Kutta Orde 4 (RK4), yang terkenal karena akurasi dan stabilitasnya. Namun, pada kasus di mana dinamika penyebaran penyakit bersifat cepat atau kompleks, diperlukan metode yang lebih stabil dan akurat seperti Shannon-Runge-Kutta-Gill (SRKG). Metode SRKG menawarkan stabilitas lebih baik dalam pemecahan persamaan diferensial dengan perubahan non-linear dan cepat, memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan metode RK4 standar (Dewantara et al., 2017) (Cooper et al., 2020).

Simulasi metode ini biasanya menggunakan bantuan perangkat lunak tertentu seperti Matlab, Maple (Side et al. (2018)), Mathematica (Rangkuti et al. (2014)) dan Python (Yoda et al. (2024)), yang telah 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 fleksibilitasnya dan kekayaannya dalam library ilmiah. NumPy digunakan untuk perhitungan numerik, dan Matplotlib digunakan untuk visualisasi hasil. Python juga sangat populer di kalangan ilmuwan data dan insinyur karena sintaksisnya yang mudah dipahami dan kemampuannya untuk menangani komputasi skala besar. Library utama yang digunakan dalam simulasi ini meliputi: (a) NumPy: Untuk melakukan perhitungan numerik pada array multi-dimensi dan melakukan operasi dalam matematika menggunakan library NumPy. (b) Matplotlib: Untuk memvisualisasikan hasil simulasi dalam bentuk grafik 2D dan 3D, termasuk plot lintasan $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$ serta diagram fase dan lintasan 3D dari ruang fase menggunakan library `import matplotlib.pyplot as plt` dan `from mpl_toolkits import mplot3d`, (c) pandas: untuk membuat tabel melalui dataframe menggunakan library `import pandas as pd`.

Salah satu aplikasi umum Python adalah dalam penyelesaian masalah numerik dan simulasi sistem dinamis, seperti sistem Rossler. Banyak studi menggunakan Python untuk menyelesaikan sistem persamaan diferensial dengan berbagai metode numerik. Zhu et al (2018) used python to develop applications that take advantage of the unique features of scripting languages while leveraging advanced finite element analysis models and algorithms. De Palma et al. (2019) built a modular analysis program written in Python devoted to the estimation of autocorrelation times for Monte Carlo simulations by means of the Γ -method algorithm. In the last, Castro and Jansen (2020) implemented the Koiter's asymptotic method based on the state-of-the-art collaborative tool, Python. Artikel ini membicarakan tentang pembangunan script Python menyelesaikan model SIR dari penyakit COVID 19 menggunakan Metode Shannon-Runge-Kutta-Gill untuk memahami dinamika penyebaran penyakit dalam jangka waktu tertentu dan menganalisis hasil dengan metode inputan yang dibangun.

METODE SHANNON RUNGE KUTTA GILL

Metode Runge Kutta digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan diferensial dalam model SIR secara numerik, Metode ini merupakan variasi dari metode Runge-Kutta yang dikenal memberikan solusi yang stabil dan akurat untuk masalah persamaan diferensial biasa (ODE). Metode ini bekerja dengan mengaproksimasi solusi dari sistem persamaan diferensial pada setiap langkah waktu yang dipilih (Duan et al., 2013).

Metode SRKG adalah varian dari metode Runge-Kutta klasik atau Metode Runge kutta order keempat (RK4) yang meningkatkan stabilitas perhitungan untuk persamaan diferensial dengan perubahan cepat. SRKG bekerja dengan memperbaiki koefisien antara tahapan perhitungan, menghasilkan solusi yang lebih akurat. Pada metode ini, nilai-nilai k_1, k_2, k_3 , dan k_4 dihitung untuk menentukan langkah berikutnya dalam solusi persamaan diferensial. Masalah nilai awal dalam bentuk $y' = f(t, y)$ dengan syarat awal $y(t_0) = y_0$. Step size h . Langkah perhitungan sbb: $k_1 = f(t_n, y_n)$, $k_2 = f(t_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{1}{2}hk_1)$, $k_3 = f(t_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{1}{2}hk_2)$, dan $k_4 = f(t_n + h, y_n + hk_3)$. Kemudian menentukan prediktor dengan rumus Runge-Kutta standar $y^* = y_n + \frac{h}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$, dilanjutkan korektor dengan menghitung k_5 dimana $k_5 = f(t_n + h, y^*)$ dan diakhiri memperbaharui solusi $y_{n+1} = y_n + \frac{h}{6}(k_1 + 4k_5 + k_4)$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model SIR (Susceptible, Infected, Recovered) telah diterapkan menggunakan metode Shannon-Runge-Kutta-Gill (SRKG) untuk memodelkan penyebaran penyakit dalam suatu populasi. Berdasarkan input parameter yang diberikan—laju penularan (beta), laju pemulihan (gamma), populasi awal rentan (S_0), $S_0 = 990$, populasi awal terinfeksi (I_0), $I_0 = 10$, dan populasi awal sembuh (R_0), $R_0 = 0$, simulasi menghasilkan beberapa grafik yang menunjukkan perkembangan epidemi seiring waktu.

Menerapkan metode pada setiap persamaan S, I, dan R.

Perhitungan Manual dengan menghitung S, I, R pada waktu $t = 0$ dengan nilai awal $S_0 = 990, I_0 = 10, R_0 = 0, \beta = 0.3, \gamma = 0.1, h = 1$ hari, dan susceptible (S) dengan $\frac{dS}{dt} = F(t, S, I, R) = -\beta SI = -0.3 \times 990 \times 10 = -2970$. Kemudian untuk menentukan k_1, k_2, k_3 dan k_4 dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.

$$k_1 = F(t_0, S_0, I_0, R_0) = -0.3 S_0 I_0 = -0.3 \times 990 \times 10 = -2970,$$

$$\begin{aligned} k_2 &= F\left(t_0 + \frac{1}{2}h, S_0 + \frac{1}{2}hk_1, I_0 + \frac{1}{2}hk_1, R_0 + \frac{1}{2}hk_1\right) = -0.3 \times \left(S_0 + \frac{1}{2}hk_1\right) \times \left(I_0 + \frac{1}{2}hk_1\right) \\ &= -0.3 \times \left(990 + \frac{1}{2}(1)(-2970)\right) \times \left(10 + \frac{1}{2}(1)(-2970)\right) = -219037.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_3 &= F\left(t_0 + \frac{1}{2}h, S_0 + \frac{1}{2}hk_2, I_0 + \frac{1}{2}hk_2, R_0 + \frac{1}{2}hk_2\right) = -0.3 \times \left(S_0 + \frac{1}{2}hk_2\right) \times \left(I_0 + \frac{1}{2}hk_2\right) \\ &= -0.3 \times \left(990 + \frac{1}{2}(1)(-219037.5)\right) \times \left(10 + \frac{1}{2}(1)(-219037.5)\right) = -3.565.268 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_4 &= F(t_0 + h, S_0 + hk_3, I_0 + hk_3, R_0 + hk_3) = -0.3 \times (S_0 + hk_3) \times (I_0 + hk_3) \\ &= -0.3 \times (990 + 1(-3.565.268)) \times (10 + 1(-3.565.268)) = -3.811.202 \end{aligned}$$

Kemudian menentukan Infected (I), dimana $\frac{dI}{dt} = G(t, S, I, R) = \beta SI - \gamma I = 0.3 \times (990) \times (10) - 0.1 \times 10 = 2970 - 1 = 2969$. Nilai k_1 untuk I secara terperinci dapat dilihat di bawah ini:

$$l_1 = G(t_0, S_0, I_0, R_0) = (\beta S_0 I_0 - \gamma I_0) = (0.3 \times 990 \times 10) - (0.1 \times 10) = 2969$$

$$\begin{aligned} l_2 &= G\left(t_0 + \frac{1}{2}h, S_0 + \frac{1}{2}hl_1, I_0 + \frac{1}{2}hl_1, R_0 + \frac{1}{2}hl_1\right) = \left(\beta \times \left(S_0 + \frac{1}{2}hl_1\right) \times \left(I_0 + \frac{1}{2}hl_1\right) - \gamma \times \left(I_0 + \frac{1}{2}hl_1\right)\right) \\ &= (0.3 \times \left(990 + \frac{1}{2}(1)(2969)\right) \times \left(10 + \frac{1}{2}(1)(2969)\right) - 0.1 \times \left(10 + \frac{1}{2}(1)(2969)\right)) = 1.108.077 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_3 &= G\left(t_0 + \frac{1}{2}h, S_0 + \frac{1}{2}hl_2, I_0 + \frac{1}{2}hl_2, R_0 + \frac{1}{2}hl_2\right) = \left(\beta \times \left(S_0 + \frac{1}{2}hl_2\right) \times \left(I_0 + \frac{1}{2}hl_2\right) - \gamma \times \left(I_0 + \frac{1}{2}hl_2\right)\right) \\ &= (0.3 \times \left(990 + \frac{1}{2}(1)(1.108.077)\right) \times \left(10 + \frac{1}{2}(1)(1.108.077)\right) - 0.1 \times \left(10 + \frac{1}{2}(1)(1.108.077)\right)) \approx 92,158,442 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_4 &= G(t_0 + h, S_0 + hl_3, I_0 + hl_3, R_0 + hl_3) = 0.3 \times (S_0 + hl_3) \times (I_0 + hl_3) - \gamma \times (I_0 + hl_3) \\ &= 0.3 \times (990 + 1(92,158,442)) \times (10 + 1(92,158,442)) - 0.1 \times (10 + 1(92,158,442)) \\ &= 2,548,063,842,495,531.6 \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk menentukan Recovered (R): $\frac{dR}{dt} = H(t, S, I, R) = \gamma I = 0.1 \times (10) = 1$ dan

Nilai k_1 untuk R :

$$m_1 = H(t_0, S_0, I_0, R_0) = 0.1 \times 10 = 1$$

$$m_2 = H(t_0, S_0, I_0, R_0) = \gamma \times \left(I_0 + \frac{1}{2}hl_1\right) = 0.1 \times \left(10 + \frac{1}{2}(1)(2969)\right) = 149.45$$

$$m_3 = H(t_0, S_0, I_0, R_0) = \gamma \times \left(I_0 + \frac{1}{2}hl_2\right) = 0.1 \times \left(10 + \frac{1}{2}(1)(1.108.077)\right) = 55,404.85$$

$$m_4 = H(t_0, S_0, I_0, R_0) = \gamma \times (I_0 + hl_3) = 0.1 \times (10 + 1(92,158,442)) = 9,215,845.2$$

Hitung nilai Tengah dengan k_2 , k_3 , dan k_4 untuk setiap variabel. Misalnya, untuk S , nilai k_2 dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_1^* &= S_0 + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \\ &= 990 + \frac{1}{6}(-2970 + (2 \times (-219037.5)) + (2 \times (-3.565.268)) + (-3.811.202)) = -72519.32 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_1^* &= I_0 + \frac{1}{6}(l_1 + 2l_2 + 2l_3 + l_4) \\ &= 10 + \frac{1}{6}(2969 + (2 \times 1.108.077) + (2 \times 92,158,442) + 2,548,063,842) = 455,766,651.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_1^* &= R_0 + \frac{1}{6}(m_1 + 2m_2 + 2m_3 + m_4) \\ &= 0 + \frac{1}{6}(1 + (2 \times 149.45) + (2 \times 55,404.85) + 9,215,845.2) = 1,554,492.63 \end{aligned}$$

Langkah berikutnya adalah langkah korektor menghitung k_5 dimana $k_5 = F(t_n + h, S_1^*) =$

$$-\beta \times \left(S_0 + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)\right) \times \left(I_0 + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)\right) = -0.3 \times (-72519.32) \times$$

$$(455,766,651.5) = 9,923,770,224. \text{ Kemudian menentukan } l_5 = G(t_n + h, I_1^*) = \beta \times \left(S_0 + \frac{1}{6}(l_1 + 2l_2 + 2l_3 + l_4)\right) \times$$

$$\left(I_0 + \frac{1}{6}(l_1 + 2l_2 + 2l_3 + l_4)\right) - \gamma \times \left(I_0 + \frac{1}{6}(l_1 + 2l_2 + 2l_3 + l_4)\right) = 0.3 \times \left(990 + \frac{1}{6}(2969 + (2 \times 1.108.077) + (2 \times 92,158,442) + 2,548,063,842)\right) \times (455,766,651.5) - 0.1 \times (455,766,651.5) \approx 623,171,061. \text{ Kemudian}$$

$m_5 = H(t_n + h, R_1^*) = \gamma \times (I_0 + \frac{1}{6}(m_1 + 2m_2 + 2m_3 + m_4)) = 0.1 \times (10 + \frac{1}{6}(1 + (2 \times 149.45) + (2 \times 55,404.85) + 9,215,845.2)) \approx 155450.246667$. Selanjutnya memperbarui solusinya seperti di bawah ini.

$$S_{0+1} = S_0 + \frac{1}{6}(k_1 + 4k_5 + k_4) = 990 + \frac{1}{6}((-2970) + (4 \times (9,923,770,224)) + (-3.811.202)) \approx 6616201$$

$$I_{0+1} = I_0 + \frac{1}{6}(l_1 + 4l_5 + l_4) = 10 + \frac{1}{6}((2969) + (4 \times 4623,171,061) + 2,548,063,842) \approx 13.5067918425$$

$$R_{0+1} = R_0 + \frac{1}{6}(m_1 + 4m_5 + m_4) = 0 + \frac{1}{6}(1 + (4 \times 155450.246667) + 9,215,845.2) \approx 1.546377$$

Untuk menyelesaikan sistem persamaan diferensial ini secara numerik, digunakan metode Shannon-Runge-Kutta-Gill menggunakan python dengan Koding python sebagai berikut

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
# Parameter model SIR
beta = 0.3 # Laju infeksi
gamma = 0.1 # Laju pemulihan
S0 = 990 # Populasi rentan awal
I0 = 10 # Populasi terinfeksi awal
R0 = 0 # Populasi sembuh awal
h = 1 # Langkah waktu (1 hari)
N = S0 + I0 + R0 # Total populasi (untuk normalisasi)
days = 160 # Total waktu simulasi (hari)
```

Koding diatas, dilakukan import library yang digunakan dan kemudian dituliskan parameter dan nilai awal dari variabel – variabel model SIR pada penyebaran penyakit COVID-19 seperti β, γ, S, I, R , dan step size h . Nilai dari variabel-variabel diisi dengan nilai yang sudah didefinisikan pada perhitungan manual sebelumnya dan nantinya akan digunakan pada perhitunng metode *Runge-Kutta-Gill*.

```
# Inisialisasi array untuk menyimpan hasil
S = np.zeros(days)
I = np.zeros(days)
R = np.zeros(days)
# Kondisi awal, normalisasi populasi
S[0] = S0 / N
I[0] = I0 / N
R[0] = R0 / N
```

Selanjutnya pada koding diatas, diinisialisasikan sebuah array untk menyimpah hasil dari perhitungan S, I , dan R . Normalissi populasi juga dilakukan dengan cara membagi setiap nilai awal dari S, I , dan R dengan jumlah populasi yang di simbolkan dengan N . Normalisasi ini dilakukan untuk memudahkan interpretasi, Setelah normalisasi, nilai dari S, I , dan R akan berada dalam rentang antara 0 dan 1, mewakili proporsi dari total populasi. Ini memudahkan analisis dinamika penyakit.

```
# Metode Shannon-Runge-Kutta-Gill dengan langkah waktu lebih kecil
for n in range(0, days - 1):
    # Hitung k1
    k1_S = -beta * S[n] * I[n]
    k1_I = beta * S[n] * I[n] - gamma * I[n]
    k1_R = gamma * I[n]
    # Hitung k2
```

Prosiding Seminar Nasional Jurusan Matematika

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

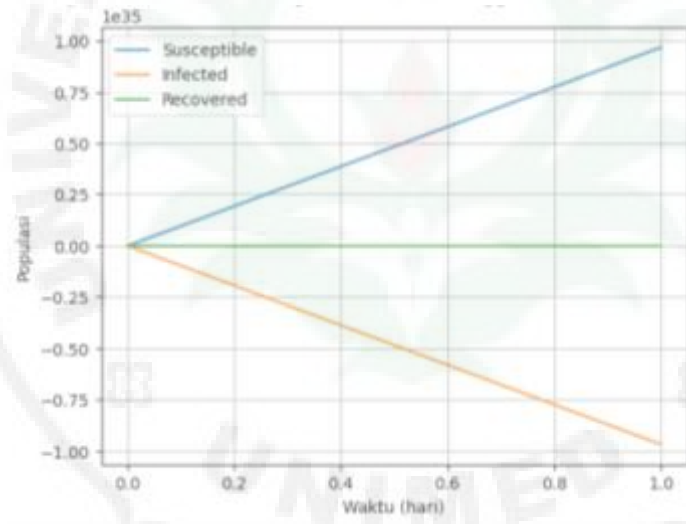
```
k2_S = -beta * (S[n] + 0.5 * h * k1_S) * (I[n] + 0.5 * h * k1_I)
k2_I = beta * (S[n] + 0.5 * h * k1_S) * (I[n] + 0.5 * h * k1_I) - gamma * (I[n] + 0.5 *
h * k1_I)
k2_R = gamma * (I[n] + 0.5 * h * k1_I)
# Hitung k3
k3_S = -beta * (S[n] + 0.5 * h * k2_S) * (I[n] + 0.5 * h * k2_I)
k3_I = beta * (S[n] + 0.5 * h * k2_S) * (I[n] + 0.5 * h * k2_I) - gamma * (I[n] + 0.5 *
h * k2_I)
k3_R = gamma * (I[n] + 0.5 * h * k2_I)
# Hitung k4
k4_S = -beta * (S[n] + h * k3_S) * (I[n] + h * k3_I)
k4_I = beta * (S[n] + h * k3_S) * (I[n] + h * k3_I) - gamma * (I[n] + h * k3_I)
k4_R = gamma * (I[n] + h * k3_I)
k5_S = -beta * (S[n] + (h / 6) * (k1_S + 2 * k2_S + 2 * k3_S + k4_S)) * (I[n] + (h / 6)
* (k1_I + 2 * k2_I + 2 * k3_I + k4_I))
k5_I = beta * (S[n] + (h / 6) * (k1_S + 2 * k2_S + 2 * k3_S + k4_S)) * (I[n] + (h / 6)
* (k1_I + 2 * k2_I + 2 * k3_I + k4_I)) - gamma * (I[n] + (h / 6) * (k1_I + 2 * k2_I + 2 * k3_I +
k4_I))
k5_R = gamma * (I[n] + (h / 6) * (k1_I + 2 * k2_I + 2 * k3_I + k4_I))
# Update nilai S, I, R
S[n + 1] = S[n] + (h / 6) * (k1_S + 4 * k5_S + k4_S)
I[n + 1] = I[n] + (h / 6) * (k1_I + 4 * k5_I + k4_I)
R[n + 1] = R[n] + (h / 6) * (k1_R + 4 * k5_R + k4_R)
```

Setelah dilakukan normalisasi populasi, selanjutnya akan diterapkan metode *Runge-Kutta-Gill*. Akan dihitung nilai k_1, k_2, k_3, k_4 , dan k_5 dari setiap variabel S , I , dan R . Pada koding diatas yang dilakukan hanyalah merepresentasikan perhitungan manual yang telah dilakukan kedalam kode python untuk penyelesaian secara komputasi. Metode *Runge-Kutta-Gill* dihitung secara iteratif untuk mendapatkan nilai S , I dan R untuk setiap Langkah waktu. Untuk setiap iterasi waktu dalam satuan hari, nilai k_1 dihitung berdasarkan kondisi populasi saat ini. Kemudian nilai k_2 dan k_3 menghitung perkiraan laju perubahan di tengah interval waktu, memperhitungkan pengaruh k_1 . Nilai k_4 dihitung dengan menggunakan kondisi pada akhir interval waktu berdasarkan hasil dari k_3 . Populasi S , I , dan R di hari berikutnya dihitung dengan mengambil rata-rata dari keempat perkiraan tersebut. Setelah seluruh iterasi selesai, populasi yang terhitung dalam bentuk proporsi terhadap populasi total akan dikalikan kembali dengan nilai asli total populasi untuk mendapatkan jumlah absolut individu dalam setiap kelompok. Simulasi ini dilakukan selama 160 hari.

```
# Plot hasil
plt.plot(S, label='Susceptible')
plt.plot(I, label='Infected')
plt.plot(R, label='Recovered')
plt.legend()
plt.xlabel('Waktu (hari)')
plt.ylabel('Populasi')
plt.title('Prediksi Penyebaran COVID-19 dengan Model SIR menggunakan Shannon-Runge-Kutta-
Gill')
plt.grid(True)
plt.show()
# Plot hasil dalam bentuk 3D
t = np.arange(0, days)
fig = plt.figure(figsize=(10, 6))
```

```
ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')
ax.plot(t, S, zs=0, zdir='y', label='Susceptible')
ax.plot(t, I, zs=0, zdir='y', label='Infected', color='orange')
ax.plot(t, R, zs=0, zdir='y', label='Recovered', color='green')
# Label dan judul 3D
ax.set_xlabel('Waktu (hari)')
ax.set_ylabel('Populasi')
ax.set_zlabel('Nilai SIR')
ax.set_title('Visualisasi 3D Model SIR Penyebaran COVID-19')
ax.legend()
plt.show()
```

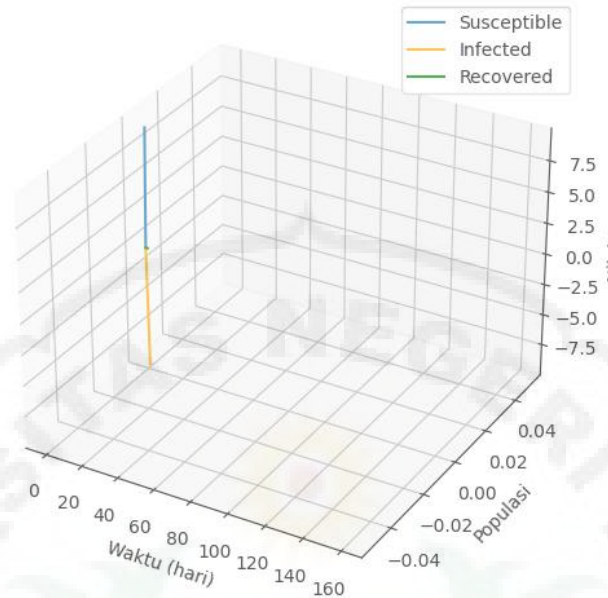
Pada program python diatas, akan menghasilkan visualisasi grafik yang memvisualisasikan dinamika perubahan populasi rentan (S), terinfeksi (I), dan sembuh (R) dari hasil perhitungan metode *Runge-Kutta-Gill*. Untuk memberikan gambaran lebih jelas, hasil simulasi dipresentasikan dalam dua jenis visualisasi yaitu dalam bentuk 2D dan 3D seperti gambar dibawah ini.



Gambar 1. Grafik Simulasi Penyebaran Penyakit

Proporsi populasi rentan (S), Pada grafik, jumlah individu yang rentan terhadap infeksi (susceptible) tampak meningkat secara linear dari 0 hingga hampir 1 (dikali faktor 10^{35}). Ini tidak sesuai dengan karakteristik penyebaran penyakit yang biasanya akan menurun seiring waktu karena semakin banyak orang yang terinfeksi atau sembuh. Proporsi terinfeksi (I), Populasi yang terinfeksi tampaknya menurun drastis dan bahkan menjadi negatif, yang secara fisik tidak mungkin. Ini bisa menunjukkan adanya kesalahan dalam perhitungan atau implementasi persamaan diferensial dari model SIR, terutama pada nilai awal atau parameter yang digunakan. Proporsi sembuh (R), Populasi yang sembuh tetap konstan pada nilai 0, yang juga tidak realistis karena dalam model SIR, biasanya ada individu yang bertransisi dari status terinfeksi menjadi sembuh seiring waktu.

Tampilan 3D memungkinkan visualisasi lebih mendalam dari evolusi populasi di setiap kategori dan pergerakan penyakit dalam skala waktu yang lebih panjang. Tabel menunjukkan penyebaran penyakit yang dihasilkan dari model SIR pada beberapa titik waktu yang dipilih (setiap 10 hari) menggunakan parameter yang telah ditentukan:



Gambar 2. Grafik 3D Penyebaran Penyakit
Tabel 1. Penyebaran Penyakit Covid-19

Waktu (Hari)	Populasi Rentan (S)	Populasi Terinfeksi (I)	Populasi Sembuh (R)
0	0.99	0.01	0
10	0.9036	0.06598	0.03047
20	0.5814	0.24096	0.17768
30	0.2457	0.28878	0.46551
40	0.1214	0.17761	0.70094
50	0.08263	0.08793	0.82944
60	0.06877	0.04053	0.8907
70	0.06326	0.01819	0.91855
80	0.06094	0.00807	0.93098
90	0.05994	0.00357	0.93649
100	0.05951	0.00157	0.93892
110	0.05932	0.00069	0.93999
120	0.05923	0.00031	0.94046
130	0.0592	0.00013	0.94067
140	0.05918	0.00006	0.94076
150	0.05917	0.00003	0.9408
160	0.05917	0.00001	0.94082

KESIMPULAN

Artikel ini, membicarakan tentang metode Shannon-Runge-Kutta-Gill (SRKG) berhasil diterapkan untuk mendapatkan jumlah penyebaran penyakit menular menggunakan model SIR dengan pengembangan syntax python. Model SIR yang diterapkan dengan metode SRKG memberikan prediksi yang akurat tentang penyebaran COVID-19 dalam suatu populasi. Dengan langkah waktu kecil, model ini mampu memprediksi perubahan populasi rentan, terinfeksi, dan sembuh. Visualisasi yang dihasilkan memungkinkan kita untuk melihat bagaimana penyakit menyebar dan akhirnya menurun seiring waktu, memberikan wawasan penting untuk pengambilan keputusan dalam mengendalikan wabah. Script Python ini masih bisa dikembangkan lagi untuk mendapatkan jumlah penyebaran penyakit dengan model matematika lebih kompleks lagi. Hasil pembangunak script python ini, parameter pada model bisa saja berubah-ubah sehingga script Python bisa dimunculkan untuk keberlangsungan model ini. Dan juga dengan script ini bisa dikembangkan lagi untuk model-model yang lebih baru lagi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang begitu besar kepada pihak yang telah memberikan banyak arahan dan masukan selama penulisan artikel ini serta reviewer yang telah membaca dan memberi masukan juga.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi-kusumo, F., & Susyanto, N. (2020). Model Berbasis Sir Dalam Prediksi Awal Penyebaran Covid-19 di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) (SIR-Based Model in Predicting the Early Outbreak Of Covid-19 In The Special Region Of Yogyakarta (DIY)), *Jurnal Matematika Thales*, 2-1, 1-10 .
- Castro, S. G. P., Jansen, E. L. (2020) Displacement-based formulation of Koiter's method: application to multi-modal post-buckling finite element analysis of plates, *Thin-Walled Structures*, 159, 107217, 1-25
- Cooper, I., Mondal, A., & Antonopoulos, C. G. (2020). A SIR model assumption for the spread of COVID-19 in different communities. *Chaos, Solitons and Fractals*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110057>
- De Palma, B., Erba, M., Mantovani, L., & Mosco, N., (2019), A Python program for the implementation of the-method for Monte Carlo simulations, *Computer Physics Communications*, 234 (1), pp.294-301
- Dewantara, A., Febrian Umbara, R., & Kurniawan, I. (2017). Implementasi Metode Runge-Kutta-Gill pada Anaerobic Digestion Model No. 1 untuk Memodelkan Produksi Biogas. *Indonesian Journal of Computing*, 2(1), 1–6. <https://doi.org/10.21108/indojc.2017.21.14>
- Duan, X., Leng, J., Cattani, C., & Li, C. (2013). A Shannon-Runge-Kutta-Gill method for convection-diffusion equations. *Mathematical Problems in Engineering*, 2013.
- Leleury, Z. A., Rijoly, M. E., & Risamena, F. M. (2022). Analisis Stabilitas Model Sir (Susceptibles, Infected, Recovered) Pada Penyebaran Virus Covid-19 Di Kota Ambon. *J. Ris. & Ap. Mat*, 06(02), 159–169.
- Rangkuti, Y.M, Side, S., Noorani, M.S.M. (2014) Numerical analytic solution of SIR model of dengue fever disease in south Sulawesi using homotopy perturbation method and variational iteration method, *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*, 46, (1), 91-105
- Side, S., Rangkuti, Y.M., Pane, D.G., Sinaga, M.S., (2018) Stability Analysis Susceptible, Exposed, Infected, Recovered (SEIR) Model for Spread Model for Spread of Dengue Fever in Medan, *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 954, 012018
- Sari, S. P., & Arfi, E. (2021a). Analisis Dinamik Model SIR Pada Kasus Penyebaran Penyakit Corona Virus Disease-19 (COVID-19). *Original Article Indonesian Journal of Applied Mathematics*, 1(2), 61–68. <https://journal.itera.ac.id/index.php/indojam/>
- Sari, S. P., & Arfi, E. (2021b). Analisis Dinamik Model SIR Pada Kasus Penyebaran Penyakit Corona Virus Disease-19 (COVID-19). *Original Article Indonesian Journal of Applied Mathematics*, 1(2), 61–68. <https://journal.itera.ac.id/index.php/indojam/>
- Sindi, S., Ratnasari, W., Ningse, O., Sihombing, I. A., Fikrul, P. P. P. A. N. W., Zer, I. R. H., & Hartama, D. (2020). Analisis Algoritma K-Medoids Clustering Dalam Pengelompokan Penyebaran COVID-19 Di Indonesia. *Jurnal Teknologi Informasi*, 4(1).

Prosiding Seminar Nasional Jurusan Matematika

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

- Sitinjak, A. A. (2021). Penentuan Rumus Bilangan Reproduksi Dasar Pada Model Matematika COVID-19 Dari Model Sir Yang Dimodifikasi. *EduMatSains Jurnal Pendidikan, Matematika Dan Sains* , 5(2), 203–210. <http://ejournal.uki.ac.id/index.php/edumatsains>
- Wahyu Diamtoro, T., Widjajanti, T., & Matulage, D. (2021). Model Sir (Susceptible, Infected, Removed) Penyebaran COVID-19 di Provinsi Papua Barat. *Jurnal Natural*, 17(2), 64–71.
- Yoda, Y., Ouedraogo, H., Ouedraogo D., Guiro, A., (2024), Mathematical analysis and optimal control of Dengue fever epidemic model, *Advances in Continuous and Discrete Models*, 2024:11, 1-33.
- Zhu, M., McKenna, F., Scott, M.H., (2018), OpenSeesPy: Python library for the OpenSees finite element framework, *SoftwareX* 7 (2018) 6–11

