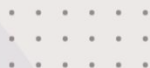




Universitas Negeri Medan
Jurusan Matematika



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 penyebaran 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.

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.

Publikasi dan Registrasi

Sri Dewi, M.Kom.

Fanny Ramadhani, S.Kom., M.Kom.

Konsumsi

Faridawaty Marpaung, S.Si., M.Si.

Marlina Setia Sinaga, S.Si., M.Si.

Erlinawaty Simanjuntak, S.Pd., M.Si.

Promosi dan Humas

Dedy Kiswanto, S.Kom., M.Kom.

Tiur Malasari Siregar, S.Pd., M.Si.

Sri Lestari Manurung, S.Pd., M.Pd.

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 Hypothetical 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 Optimalisasi 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 Yuwinda, F., & Napitupulu, E. E.	737
Peran Pendekatan Pembelajaran Matematika Realistik melalui Budaya Melayu pada Pembelajaran Matematika Nasution, H. H.	745
Meningkatkan Penalaran Matematis Siswa SMP melalui Video Animasi Berbasis Problem-Based Learning dengan Animaker Simbolon, P., & Manurung, N.	756

Pembangunan Algoritma Metode Modifikasi Runge-Kutta Menggunakan Kombinasi Deret Lehmer dengan Python untuk Menyelesaikan Persamaan Diferensial

Ananda, D., Telaumbanua, L. Y., Nazla, K., & Rangkuti, Y. M. 763

Pembelajaran Matematika SD Dengan Model Kontekstual Berbasis Kearifan Lokal Gotong Royong Pada Suku Batak Toba

Silalahi, T. M. 773

Analisis Regresi Weibull terhadap Determinan Laju Pemulihan Klinis Pasien Penderita Stroke

Harahap, S., & Febrian, D. 785

Pengembangan Media Matematika Digital Berbasis Pendidikan Matematika Realistik Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa SMP Negeri 16 Medan

Napitupulu, S. S., & Kairuddin. 795

The Effect of The Problem-Based Learning Model on Students' Mathematics Problem Solving Abilities

Sitinjak, W. B. C., & Napitupulu, E. E. 805

Peran Media Komik Berbasis Budaya Lokal Tapanuli Selatan dalam Pembelajaran Matematika SD

Siregar, Y. A. 813

Pengembangan LKPD untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Pembelajaran Kooperatif Tipe Snowball Throwing di Kelas VIII SMP

Zuhrah, S. A. 823

Pembangunan Script Python untuk menunjukkan perbandingan antara Metode RK6, Metode RK4

Ulwan, M. A. N., Pratiwi, I. A., Suana, M. Z., & Rangkuti, Y. M. 831

Penerapan Metode Naive Bayes dalam Memprediksi Kepuasan Pasien Terhadap Pelayanan Rumah Sakit (Studi Kasus: Rumah Sakit Umum Haji Medan)

Syadia, R. & Kartika D. 838

Penerapan Rantai Markov dalam Menganalisis Tingkat Persaingan Ojek Online

Saputri, A. N., & Ritonga, A. 844

Pembangunan Python untuk menunjukkan Keakuratan Metode Modifikasi RK4 dibandingkan dengan Metode RK Merson untuk MNA

Fadluna, E. P., Saragih, R. Z. F., Alamsyah, R., & Rangkuti, Y. M. 853

Penerapan Analytical Hierarchy Process dalam Menentukan Pemilihan 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 Runge-Kutta Fehlberg dengan Python untuk menyelesaikan Sistem Osilasi Harmonik

Bryan Ahmad Fahrezi^{1*}, Syafira Istiara², M Rafli Dewantara Siregar³, 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: bryanahmadf@gmail.com

Abstrak, Artikel ini membahas penggunaan metode Runge-Kutta Fehlberg dalam menyelesaikan persamaan diferensial yang menggambarkan dinamika osilasi harmonik sederhana. Metode ini digunakan untuk mengintegrasikan persamaan diferensial orde dua yang diubah menjadi sistem persamaan diferensial orde satu. Dengan kontrol kesalahan adaptif, metode Runge-Kutta Fehlberg mampu menghasilkan solusi yang akurat dengan efisiensi komputasi yang tinggi. Implementasi metode ini dilakukan menggunakan Python, yang menyediakan fasilitas untuk penyelesaian numerik dan visualisasi hasil. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa perpindahan $x(t)$ dan kecepatan $v(t)$ berosilasi secara periodik, sesuai dengan perilaku osilasi harmonik yang diharapkan. Selain itu, grafik tiga dimensi memberikan representasi visual yang lebih jelas dari hubungan antara waktu, perpindahan, dan kecepatan. Hasil Artikel ini menegaskan bahwa metode Runge-Kutta Fehlberg merupakan pilihan yang efisien dan akurat untuk memecahkan masalah dinamika osilasi harmonik.

Kata kunci: Kontrol Kesalahan Adaptif; Osilasi Harmonik; Persamaan Diferensial; Python; Runge-Kutta Fehlberg, Solusi Numerik.

Abstract, This study explores the application of the Runge-Kutta Fehlberg method in solving differential equations that describe the dynamics of simple harmonic oscillations. The method is applied to integrate a second-order differential equation, which is transformed into a system of first-order differential equations. With adaptive error control, the Runge-Kutta Fehlberg method provides accurate solutions while maintaining computational efficiency. The implementation was carried out using Python, which facilitates both numerical solutions and result visualization. The numerical results show that the displacement $x(t)$ and velocity $v(t)$ oscillate periodically, in accordance with the expected harmonic behavior. Furthermore, the 3D graph offers a clear visual representation of the relationship between time, displacement, and velocity. This study demonstrates that the Runge-Kutta Fehlberg method is an efficient and accurate approach for solving harmonic oscillation dynamics problems.

Keywords: Adaptive Error Control; Differential Equations; Harmonic Oscillations; Numerical Solutions; Python; Runge-Kutta Fehlberg.

Citation : Fahrezi, B. A., dkk. (2024). Pembangunan Algoritma Runge-Kutta Fehlberg dengan Python untuk menyelesaikan Sistem Osilasi Harmonik. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 232 – 239

PENDAHULUAN

Fenomena dinamika osilasi harmonik sederhana sering dijumpai dalam berbagai bidang seperti fisika, teknik, dan astronomi. Persamaan diferensial yang menggambarkan gerak osilasi ini biasanya merupakan persamaan diferensial orde dua. Persamaan ini sering diaplikasikan pada fenomena fisik seperti getaran mekanis dan gerakan pendulu (Ramadhan, 2021). Dalam konteks teknologi saat ini, analisis getaran menjadi sangat penting untuk memastikan keamanan struktural pada bangunan dan jembatan yang terkena beban berosilasi (Resmawan et al., 2023). Penggunaan metode numerik diperlukan untuk menyelesaikan persamaan ini karena metode analitik sering kali tidak efisien dan kurang fleksibel dalam menangani sistem kompleks (Rusmini et al., 2022). Salah satu metode yang sangat populer adalah metode Runge-Kutta Fehlberg, yang memungkinkan kontrol kesalahan adaptif dalam proses integrasi numerik. Persamaan diferensial untuk osilasi harmonik sederhana biasanya

dinyatakan dalam bentuk persamaan 1. Dimana $x(t)$ adalah perpindahan dari posisi keseimbangan, dan ω adalah frekuensi sudut. Persamaan ini dapat diubah menjadi sistem persamaan diferensial orde satu:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0, \quad (1)$$

$$\frac{dx}{dt} = v, \quad (2)$$

$$\frac{dv}{dt} = -\omega^2 x \quad (3)$$

Dimana $v = \frac{dx}{dt}$, kita sekarang memiliki sistem dua persamaan diferensial orde satu yang dapat diselesaikan menggunakan metode Runge-Kutta Fehlberg. Untuk menerapkan RKF, kita perlu memecah masalah ini menjadi dua bagian, dx/dt dan dv/dt , kemudian menggunakan algoritma RKF untuk menghitung posisi $x(t)$ dan kecepatan $v(t)$ dalam interval waktu yang diinginkan (Rahmatullah et al., 2020; Selvira et al., 2020)

Berbagai metode telah digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial dalam kasus osilasi harmonik. Salah satunya adalah metode Euler, yang sederhana namun kurang akurat dalam sistem dengan perubahan cepat. Metode lainnya adalah Adams-Bashforth, yang lebih stabil tetapi kurang efisien dalam sistem non-linier (Ardiansyah, 2022). Artikel yang dilakukan oleh Santoso (2020) menunjukkan bahwa metode Runge-Kutta Fehlberg, khususnya orde 4 dan 5, lebih unggul karena kemampuannya menyesuaikan panjang langkah berdasarkan estimasi kesalahan lokal, yang menghasilkan akurasi lebih baik (Santoso, 2020). Artikel oleh Hakim dan Putra (2020) membandingkan metode Euler dan Runge-Kutta, dan menemukan bahwa Runge-Kutta memberikan hasil lebih presisi dalam sistem osilasi harmonik dengan kontrol kesalahan yang lebih baik (Hakim & Putra, 2020). Hasil dari penyelesaian dengan metode Runge-Kutta Fehlberg memberikan solusi yang lebih akurat dan efisien dalam analisis sistem mekanis yang kompleks.

Metode Runge-Kutta Fehlberg adalah salah satu metode numerik terbaik yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial, khususnya dalam kasus osilasi harmonik sederhana. Metode ini memberikan hasil yang sangat akurat karena menggunakan dua pendekatan berbeda, yaitu orde ke-4 dan ke-5, untuk memperkirakan kesalahan lokal di setiap langkah perhitungan. Dengan estimasi kesalahan ini, panjang langkah dapat disesuaikan, sehingga memberikan efisiensi komputasi yang lebih baik dibandingkan metode numerik lainnya (Syafitri & Hakim, 2021). Penggunaan metode ini sangat umum dalam penyelesaian persamaan diferensial non-linier yang kompleks, di mana kontrol kesalahan sangat penting untuk mendapatkan solusi yang tepat. Metode ini sering diimplementasikan menggunakan software seperti Python, yang menyediakan pustaka numerik seperti NumPy dan SciPy. Pustaka ini memungkinkan perhitungan yang efisien serta visualisasi hasil perhitungan dalam bentuk grafik (Dewi & Rahman, 2021). Dengan Python, metode Runge-Kutta Fehlberg dapat diimplementasikan dengan lebih fleksibel dan hasilnya dapat dianalisis secara visual, memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang perilaku sistem osilasi.

Untuk mendukung penyelesaian numerik persamaan diferensial ini, beberapa software digunakan, seperti MATLAB, Mathematica, dan Python. Python, dengan pustaka NumPy dan SciPy, menjadi salah satu pilihan utama karena sifatnya yang open-source dan kemampuannya dalam melakukan komputasi numerik yang kompleks (Maulana, 2023). Python juga mendukung visualisasi hasil perhitungan, yang memudahkan analisis lebih lanjut dari hasil numerik yang diperoleh.

Implementasi metode Runge-Kutta Fehlberg dalam Python sangat membantu dalam menyelesaikan masalah dinamika sistem mekanis.

Python adalah bahasa pemrograman open-source yang pertama kali dikembangkan oleh Guido van Rossum pada tahun 1991. Python dirancang untuk kemudahan dalam penulisan dan pembacaan kode, serta fleksibilitas yang tinggi. Bahasa ini mendukung berbagai paradigma pemrograman, termasuk pemrograman berorientasi objek, prosedural, dan fungsional (Jauhari & Saputra, 2022). Python menjadi populer dalam komunitas ilmiah karena pustaka-pustaka seperti NumPy, SciPy, dan Matplotlib, yang sangat mendukung komputasi numerik, analisis data, dan visualisasi hasil penelitian (Rahmat, 2024). Pada periode 2020-2022, Python terus berkembang sebagai pilihan utama dalam penelitian ilmiah dan teknik, berkat dukungan komunitas yang luas dan banyaknya modul eksternal yang memperluas fungsionalitasnya.

Python telah digunakan dalam berbagai kasus penelitian ilmiah dan teknik untuk menyelesaikan masalah yang melibatkan persamaan diferensial dan komputasi numerik. Salah satu kasus yang berhasil diselesaikan adalah simulasi osilasi harmonik pada sistem mekanis, seperti getaran pada pegas dan bandul (Fajar, 2024). Artikel ini menggunakan metode Runge-Kutta untuk memecahkan persamaan diferensial yang menggambarkan gerak sistem tersebut dan menghasilkan visualisasi yang akurat dari perilaku osilasi. Python, dengan pustaka seperti NumPy dan SciPy, memfasilitasi perhitungan numerik yang efisien dan cepat. Selain itu, Python juga banyak digunakan dalam analisis getaran struktur bangunan. Saputra (2023) menerapkan Python untuk memodelkan dinamika getaran pada jembatan yang terkena beban dinamis, di mana perhitungan numerik menggunakan metode Runge-Kutta Fehlberg berhasil memberikan prediksi yang tepat terhadap pola getaran dan stabilitas struktur (Saputra, 2023). Kemampuan Python untuk menangani komputasi numerik dan visualisasi menjadikannya alat yang sangat kuat untuk berbagai aplikasi teknik dan ilmiah.

Artikel ini bertujuan untuk membahas penerapan metode Runge-Kutta Fehlberg dalam menyelesaikan persamaan diferensial yang menggambarkan osilasi harmonik sederhana menggunakan Python. Dalam pembahasan ini, akan dijelaskan secara detail implementasi metode tersebut, termasuk penjelasan algoritma dan kode program yang digunakan. Visualisasi hasil perhitungan akan disajikan dalam bentuk grafik dua dan tiga dimensi, yang memberikan gambaran lebih jelas mengenai perilaku sistem osilasi seiring waktu. Dengan pendekatan ini, artikel ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang aplikasi metode numerik dalam analisis dinamika sistem fisik dan menawarkan wawasan praktis bagi peneliti.

METODE RUNGE-KUTTA FEHLBERG

Metode Runge-Kutta Fehlberg (RKF) merupakan salah satu metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial biasa (ODE). Metode Runge-Kutta-Fehlberg (RKF) dikembangkan oleh Ernst Fehlberg pada tahun 1960 (Fehlberg (1969)). Pada setiap langkah, RKF menghitung dua solusi: satu solusi dengan orde ke-4 (Runge-Kutta 4) dan satu lagi dengan orde ke-5 (Runge-Kutta 5). Selisih kedua hasil tersebut digunakan untuk memperkirakan error dan menyesuaikan panjang langkah (step size). Pengaturan otomatis terhadap step size ini membuat RKF lebih efisien dibandingkan metode Runge-Kutta standar, terutama untuk masalah ODE yang rumit (Nalurita Serlaloy et al., n.d.; Nisa et al., 2024). RKF biasanya digunakan untuk menyelesaikan sistem ODE di mana diperlukan kontrol terhadap kesalahan numerik. Hitung Koefisien: Hitung beberapa nilai k berdasarkan persamaan 4.

$$y_{n+1} = y_n + \frac{25}{216}k_1 + \frac{1408}{2565}k_3 + \frac{2197}{4104}k_4 - \frac{1}{40}k_5 \quad (4)$$

Dimana

$$k_1 = hf(t_n, y_n); k_2 = hf\left(t_n + \frac{1}{4}h, y_n + \frac{1}{4}k_1\right); k_3 = hf\left(t_n + \frac{3}{8}h, y_n + \frac{3}{32}k_1 + \frac{9}{32}k_2\right);$$

$$k_4 = hf\left(t_n + \frac{12}{13}h, y_n + \frac{1932}{2197}k_1 - \frac{7200}{2197}k_2 + \frac{7296}{2197}k_3\right);$$

$$k_5 = hf\left(t_n + h, y_n + \frac{439}{216}k_1 - 8k_2 + \frac{3680}{513}k_3 - \frac{845}{4104}k_4\right); \text{ dan}$$

$$k_6 = hf\left(t_n + \frac{1}{2}h, y_n - \frac{8}{27}k_1 + 2k_2 - \frac{3544}{2565}k_3 + \frac{1859}{4104}k_4 - \frac{11}{40}k_5\right)$$

y_n adalah nilai solusi pada langkah ke- n , h adalah ukuran langkah dan $f(t, y)$ adalah fungsi yang mewakili persamaan diferensial. Metode ini sangat berguna karena memberikan fleksibilitas dalam ukuran langkah, yang dapat disesuaikan berdasarkan kebutuhan akurasi dalam solusi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Script Python sudah dibangun pada media ujicoba untuk mendapatkan Solusi Osilasi Harmonik. Script dimulai dengan menefinisikan beberapa library pendukung dan library yang digunakan adalah `import numpy as np` untuk mendukung simbol atau fungsi-fungsi khusus sedangkan untuk membangun grafik, didefinisikan library `import matplotlib.pyplot as plt`. Untuk mengawali pendefinisian fungsikode python menggunakan kode berikut.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
# Fungsi untuk menghitung turunan
def f(t, y, omega):
    x, v = y
    dxdt = v
    dvdt = -omega**2 * x
    return np.array([dxdt, dvdt])
```

Kode berikut kode baru yang dibangun untuk metode RK45F dengan memasukkan syarat error untuk melihat keakuratan metode RK45F dan dilanjutkan, parameter, syarat awal, interval waktu dan toleransi dituliskan sebagai berikut.

```
# Implementasi metode Runge-Kutta Fehlberg
def runge_kutta_fehlberg(f, y0, t0, tf, h0, omega, tol):
    t = t0
    y = np.array(y0)
    h = h0
    t_values = [t]
    y_values = [y]
# Koefisien Runge-Kutta-Fehlberg
    while t < tf:
        if t + h > tf:
            h = tf - t
# K-variabel untuk RKF
        k1 = h * f(t, y, omega)
        k2 = h * f(t + 1/4 * h, y + 1/4 * k1, omega)
        k3 = h * f(t + 3/8 * h, y + 3/32 * k1 + 9/32 * k2, omega)
        k4 = h * f(t + 12/13 * h, y + 1932/2197 * k1 - 7200/2197 * k2 + 7296/2197 * k3, omega)
        k5 = h * f(t + h, y + 439/216 * k1 - 8 * k2 + 3680/513 * k3 - 845/4104 * k4, omega)
```

```

k6 = h * f(t + 1/2 * h, y - 8/27 * k1 + 2 * k2 - 3544/2565 * k3 + 1859/4104 * k4 - 11/40 * k5,
omega)

# Perkiraan solusi orde ke-4 dan ke-5
y4 = y + 25/216 * k1 + 1408/2565 * k3 + 2197/4104 * k4 - 1/5 * k5
y5 = y + 16/135 * k1 + 6656/12825 * k3 + 28561/56430 * k4 - 9/50 * k5 + 2/55 * k6
# Estimasi error
err = np.linalg.norm(y5 - y4, ord=np.inf)
# Kontrol langkah berdasarkan toleransi
if err < tol:
    t += h
    y = y5
    t_values.append(t)
    y_values.append(y)
# Penyesuaian langkah
h = h * min(max(0.1, 0.84 * (tol / err)**0.25), 4.0)
return np.array(t_values), np.array(y_values)

# Parameter sistem
omega = 1.0 # Frekuensi sudut
y0 = [1.0, 0.0] # Kondisi awal: x(0) = 1, v(0) = 0
t0, tf = 0, 10 # Waktu awal dan akhir
h0 = 0.1 # Langkah awal
tol = 1e-6 # Toleransi error

# Penyelesaian dengan metode Runge-Kutta Fehlberg
t_values, y_values = runge_kutta_fehlberg(f, y0, t0, tf, h0, omega, tol)

```

Visualisasi hasil simulasi dengan metode RK45F dapat dituliskan sebagai di bawah ini. Kode ini menyelesaikan sistem persamaan diferensial osilasi harmonik menggunakan metode Runge-Kutta Fehlberg dan menampilkan hasil dalam bentuk tabel. Untuk hasil output nya hanya menampilkan lima baris pertama hasil perhitungan untuk perwakilan hasil seperti tabel 1. Tabel 1 menampilkan nilai $x(t)$ dan $v(t)$ pada beberapa titik waktu t dan visualisasi hasil simulasi pada grafik tiga dimensi ditunjukkan dalam gambar 1. Data ini diperoleh dari metode RK45F yang menghitung posisi dan kecepatan osilasi harmonik. Untuk visualisasi solusi dalam ruang tiga dimensi, kita dapat menggambarkan $x(t)$, $v(t)$, dan t pada satu grafik. Berikut kode yang digunakan:

```

# Visualisasi hasil
plt.plot(t_values, y_values[:, 0], label='x(t)')
plt.plot(t_values, y_values[:, 1], label='v(t)')
plt.legend()
plt.xlabel('t')
plt.ylabel('x(t) dan v(t)')
plt.title('Osilasi Harmonik dengan Runge-Kutta Fehlberg')
plt.grid(True)
plt.show()
from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D

# Grafik 3D
fig = plt.figure()
ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')

# Data
x = y_values[:, 0]
v = y_values[:, 1]
t = t_values

# Plot dalam ruang 3 dimensi
ax.plot(t, x, v)
ax.set_xlabel('t')
ax.set_ylabel('x(t)')
ax.set_zlabel('v(t)')

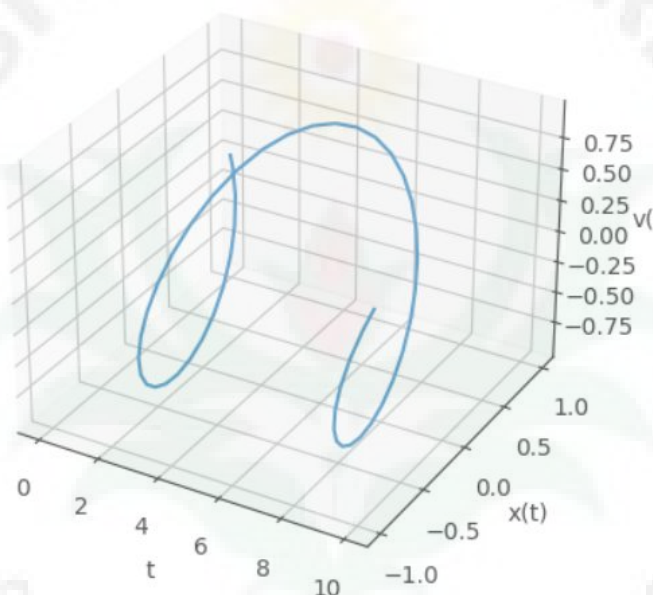
```



```
ax.set_title('Solusi 3D dari Osilasi Harmonik (t, x(t), v(t))')
plt.show()
```

Tabel 1. Hasil perhitungan RKF

t	$x(t)$	$v(t)$
0.000000	1.000000	0.000000
0.100000	0.995004	-0.099833
0.298384	0.955813	-0.293976
0.508598	0.873428	-0.486953
0.717020	0.753768	-0.657141



Gambar 1. Grafik Solusi 3D dari RK45F

Hasil perhitungan menggunakan metode Runge-Kutta Fehlberg menunjukkan bagaimana perpindahan $x(t)$ dan kecepatan $v(t)$ berubah seiring waktu. Tabel hasil menunjukkan bahwa solusi berosilasi secara periodik, sesuai dengan perilaku osilasi harmonik. Grafik tiga dimensi menambahkan perspektif visual untuk memahami hubungan antara ketiga variabel tersebut dalam dinamika osilasi. Penggunaan metode Runge-Kutta Fehlberg memberikan solusi yang akurat dengan kontrol kesalahan adaptif. Metode ini juga efisien karena menyesuaikan langkah integrasi berdasarkan tingkat kesalahan yang dihitung pada setiap iterasi.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari Artikel ini menunjukkan bahwa metode Runge-Kutta Fehlberg merupakan pendekatan yang sangat efektif dan efisien untuk menyelesaikan persamaan diferensial osilasi harmonik sederhana. Dengan menggunakan kontrol kesalahan adaptif, metode ini mampu menjaga akurasi hasil sekaligus menyesuaikan langkah integrasi, sehingga mempercepat perhitungan. Implementasi metode ini dalam Python melalui kode numerik yang melibatkan perhitungan orde ke-4 dan ke-5 memungkinkan penghitungan yang efisien dan akurat. Tabel hasil perhitungan menampilkan perubahan posisi dan kecepatan terhadap waktu, sedangkan grafik tiga dimensi memberikan visualisasi dinamis dari hubungan antara waktu, posisi, dan kecepatan. Python terbukti menjadi alat yang sangat efisien dalam memodelkan sistem fisika, memberikan hasil yang komprehensif baik dalam bentuk numerik maupun visual. Secara keseluruhan, Artikel ini berhasil

memvalidasi metode Runge-Kutta Fehlberg sebagai pendekatan yang andal untuk menyelesaikan masalah osilasi harmonik, sekaligus menunjukkan bagaimana penggunaan Python dapat memfasilitasi perhitungan numerik dan visualisasi dalam analisis dinamika sistem fisik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, H. (2022). Pemodelan numerik pada sistem osilasi harmonik menggunakan metode Euler. *Jurnal Ilmu Fisika*, 18(1), 101-110.
- Dewi, F. Y., & Rahman, S. H. (2021). Penerapan metode Runge-Kutta orde 4 dan Fehlberg dalam sistem dinamis. *Jurnal Matematika dan Teknologi*, 11(2), 132-140.
- Fajar, L. R. (2024). Simulasi aliran fluida menggunakan Python dan pustaka NumPy. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 20(1), 45-55.
- Fehlberg, E. (1969). Low-order classical Runge-Kutta formulas with maximum error control. *Computers in Physics*, 9, 30-35.
- Hakim, P. R., & Putra, D. F. (2020). Perbandingan metode Euler dan Runge-Kutta dalam penyelesaian persamaan diferensial. *Jurnal Matematika Indonesia*, 13(2), 89-97.
- Jauhari, A. N., & Saputra, H. D. (2022). Visualisasi hasil perhitungan osilasi harmonik dengan Python. *Jurnal Fisika Terapan*, 12(1), 78-85.
- Maulana, I. Y. (2023). Implementasi pustaka SciPy dalam penyelesaian persamaan diferensial menggunakan Python. *Jurnal Teknologi Informasi*, 21(4), 144-150.
- Nalurita Serlaloy, M., Rijoly, M. E., & Arthur Leleury, Z. (2024). Solusi numerik model SITA menggunakan metode Runge Kutta Fehlberg untuk memprediksi penyebaran penyakit HIV/Aids di Provinsi Maluku. *Proximal: Jurnal Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika*.
- Nisa, S., Irwan, & Syata, I. (2024). Penerapan Metode Runge-Kutta Orde 4 Model Penyebaran Demam Berdarah Dengue di Kota Makassar. *Al-Aqlu: Jurnal Matematika, Teknik dan Sains*, 2(1), 52-61.
- Ramadhan, R. I. (2021). Analisis gerak osilasi harmonik sederhana pada sistem mekanik. *Jurnal Fisika Indonesia*, 19(2), 45-55.
- Rahmat, S. E. (2024). Penyelesaian persamaan diferensial osilasi harmonik menggunakan Python. *Jurnal Sistem Dinamis*, 14(2), 113-122.
- Rahmatullah, S., Arman, Y., Hadari Nawawi, J., & Hadari Nawawi, J. (2020). Simulasi gerak osilasi model pegas bergandeng menggunakan metode Runge-Kutta. *Jurnal Sains dan Teknologi ISTP*, 8(3), 180-184.
- Resmawan, R., Rosydh, B. M., & Handayani, R. P. (2023). Komparasi skema numerik Euler, Runge-Kutta dan Adam-Basforth-Moulton untuk menyelesaikan solusi persamaan osilator harmonik. *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains Dan Teknologi*, 11(2), 282-292.
- Rusmini, E., Fauziah, F. A., Arianto, N. F., Izzah, D. H., Jayanti, S. D., Hasanah, R., & Sunarmi, N. (2022). Visualisasi osilator harmonik kuantum dengan polinomial hermitte menggunakan simulasi pemrograman Matlab. *Jurnal MIPA Dan Pembelajarannya*, 2(3), 183-189.

Prosiding Seminar Nasional Jurusan Matematika

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

- Santoso, T. A. (2020). Metode numerik dalam penyelesaian persamaan diferensial orde dua. *Jurnal Matematika dan Aplikasinya*, 14(3), 67-74.
- Selvira, C. A., Subaedi, A. N., Azzahra, N. A., Novitasari, O., & Antarnusa, G. (2020). Meningkatkan keakuratan simulasi osilasi harmonik teredam pada pegas menggunakan tracker video analysis and modelling tool. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Fisika*, 3(1).
- Setiawan, L. I., & Mungkasi, S. (2021). Penyelesaian model epidemi SIR menggunakan metode Runge-Kutta orde empat dan metode Adams-Bashforth-Moulton. *Komputasi: Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer Dan Matematika*, 18(2), 55–61.
- Sitompul, H. A., & Siahaan, E. W. B. Simulasi solusi persamaan diferensial biasa orde tinggi dengan metode Runge-Kutta-Fehlberg dan modifikasi Euler. *Jurnal Sains dan Teknologi ISTP*, 21(01), 50-56.
- Syafitri, Y. N., & Hakim, M. S. (2021). Kontrol kesalahan adaptif dengan metode Runge-Kutta Fehlberg. *Jurnal Matematika Terapan*, 15(4), 92-99.
- Trifina, L. L. R., Warsito, A., Laponi, L. A. S., & Louk, A. C. (2023). Visualisasi fenomena harmonis dan chaos pada getaran terdang berbas komputasi numerik Runge Kutta. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, 8(1), 11–20.