



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

PROSIDING SEMINAR NASIONAL MATEMATIKA

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 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 bulliyng

Ramadhan, R., Rangkuti, Y. M., Paul, I., & Calista, A...... 224

Pembangunan Algoritma Runge-Kutta Fehlberg dengan Python untuk menyelesaikan Sistem Osilasi Harmonik

Fahrezi, B. A., Istiara, S., M Siregar, M. R. D., & Rangkuti, Y. M...... 232

Klasifikasi Kerusakan pada Gigi Manusia dengan Menggunakan Metode Ekstraksi Fitur Hybrid dan Algoritma KNN

Pohan, N. R. K., Fadluna, E. P., Ananda, D., & Kiswanto, D...... 240

Analisis Dinamik Sistem Reaksi Difusi Model Fitzhugh–Nagumo

Manurung, D. R. M., & Sitompul, P...... 250

Estimator Modified Jackknife untuk Mengatasi Multikolinieritas pada Regresi Poisson (Studi Kasus: Angka Kematian Bayi di Provinsi Sumatera Utara)

Nadya, F., & Manulang, S...... 261

Peran Etnomatematika Budaya Melayu Terhadap Pembelajaran Matematika di Sekolah

Wahyuni, F...... 273

Filosofi Pembelajaran Berdifferensiasi Dalam Pembelajaran Matematika Ditinjau dari Kearifan Lokal Batak Toba

Simanjuntak, S. D. & Sitepu, I...... 283

Strategi Optimalisasi Keuntungan Usaha Jus Buah melalui Metode Simpleks

Siagian, J. A., Naibaho, J. S., Lestari, J. A., Lubis, S. I. A. R., Sidauruk, V. P., Saputra, Y. A., & Simanjuntak, E...... 290

Model Regresi Data Panel dalam Menentukan Faktor yang Berpengaruh Terhadap Tingkat Stunting di Provinsi Sumatera Utara

Dalimunthe, I. Z., & Simamora, E...... 296

Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Geometri Menggunakan Newman Error Analysis (NEA) pada Pendekatan Matematika Realistik Di SMP Negeri 43 Medan

Wibowo, M. R. & Fauzi, M. A...... 304

Implementasi Metode Shannon-Runge-Kutta-Gill dalam Model SIR untuk Prediksi Penyebaran COVID-19: Pendekatan Numerik dengan Python Hidayat, M. F., Rangkuti, Y. M., Nasution, S. A. B., & Ginting, J. A. P.	316
Pengembangan Video Pembelajaran Matematika Berbasis Model Pembelajaran Kooperatif Tipe STAD untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa SMP Kelas VIII Sinaga, E. P., & Sitompul. P.	326
Pengoptimalan Seleksi Tim PON Esports Mobile Legends Perwakilan Sumatera Utara Menggunakan Metode Algoritma Genetika dan Regresi Linear Berganda Silitonga, R. & Febrian, D.	335
Optimalisasi Pemilihan Pupuk Sawit Terbaik di PTPN IV Marihat dengan Metode WASPAS Parinduri, M.A. & Sinaga, L. P.	345
Pengembangan E-Modul Berbasis STEAM Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Di SMP Negeri 1 Patumbak Nasution, N. H., & Samosir, K.	351
Penggunaan Metode Simpleks dalam Mengoptimalisasi Keuntungan Penjualan Es Kul-Kul Waruwu, F., Andini, C. R., Simamora, D. K., Febrianti, D. A., Simamora, E. F., Tambunan, E. E., & Silaban, G. S.	360
Pengaruh Model Pembelajaran Discovery Learning Berbantuan Geogebra terhadap Kemampuan Penalaran Matematis Siswa Kelas VIII SMPN 35 Medan Bakara, N. E. E.	367
Pemodelan Waktu Keberangkatan Bus pada Angkutan antar Kota antar Provinsi Jalur Semarang- Surabaya Menggunakan Aljabar Max-Plus Muzammil, A., & Arifin, A. Z.	374
Pembangunan Python Berdasarkan Metode Runge-Kutta Order Keempat Berbasis Rataan Harmonik Untuk Menunjukkan Perilaku Chaotic Sistem Rossler Tambunan, L., Sidabutar, Y. S. M., Harahap, J. & Rangkuti, Y. M.	380
Implementasi Graf Dan Metode Webster Dalam Optimasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas (Studi Kasus: Simpang Pemda Flamboyan Raya) Manurung, Y. T. F., & Hutabarat, H. D. M.	389
Etnomatematika Alat Musik Simalungun Gondang Sipitupitu Situngkir, F. L., Gultom, S., & Simanjorang, M.	396
Pembangunan Algoritma Metode Runge-Kutta Orde Ketiga Rataan Aritmatika untuk melihat dinamika Penyebaran penyakit Demam Berdarah Manurung, G. K. D., Safitri, E., Sibarani, R. H. R., & Rangkuti, Y. M.	403
Upaya Meningkatkan Kemampuan Representasi Matematis Peserta Didik Kelas VII Menggunakan Model Pembelajaran Kontekstual Handari, I. S. & Sitompul, P.	413

Simulasi Monte Carlo dalam Memprediksi Distribusi Kursi DPR RI Jawa Tengah dengan Metode Sainte-Lague Iriantini, D. S. & Sutanto.	421
Penerapan Fuzzy Logic Tsukamoto dalam Memprediksi Jumlah Stok CPO Tahun 2024 di PTPN IV Unit Dolok Ilir Anggriani, D. & Hutapea, T. A.	431
Aplikasi Model ARIMA dan Modifikasinya dalam Peramalan Jumlah Penumpang di Pelabuhan Tanjung Perak Rizal, J., Lestari, S. P., & Tolok A. N.	439
Prediksi Harga Penutupan Saham BBKA dan BBNI dengan Algoritma K-Nearest Neighbor Saragih, E. N.	452
Perbedaan Kemampuan Komunikasi Matematis Peserta didik Menggunakan Model PBL dan Model DL Hutahaean, B. N., & Widyastuti, E.	461
Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbantuan Articulate Storyline Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah pada Peserta Didik Kelas XI SMA Debora, C. E., & Siagian, P.	465
Studi Literatur: Inovasi Pembelajaran Matematika pada Era Kolaboratif Tania, W. P.	471
Efektivitas LKPD Berbantuan Classpoint untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa Kelas VIII Cahyani, A. P. R., & Siregar, T. M.	479
Pengembangan Media Interaktif Berbasis Android Berbantuan Articulate Storyline Untuk Meningkatkan Kemampuan Penalaran Matematis Pane, A. W. S., & Purba, G. I. D.	486
Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Laptop Terbaik dengan Pendekatan Gabungan AHP dan TOPSIS (Studi Kasus: FMIPA UNIMED). Tampubolon, J.	494
Pembelajaran Aljabar di SMP Dengan Pendekatan Game melalui Metode Drill and Practice dalam Pengembangan Aplikasi Cymath Lubis, R. A., Irvan, & Azis, Z.	505
Analisis Kecanduan Game Online dengan Model SEIPTR Carli, S. G., & Sinaga, L. P.	515
Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Web dengan Pendekatan Problem Based Learning (PBL) pada Materi Scratch Kelas VII SMP Ahmad, F. L., Nugroho, A. L., Anjarsari, D. D., Rahmayanti, R., & Ningrum, G. D. K.	527

Upaya Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematika pada Peserta Didik Autisme melalui Explicit Instruction dengan Media Permainan Edukatif Agustia, A.	536
Analisis Perbandingan Proporsionalitas Metode Andre Sainte-Lague dan Modifikasinya pada Alokasi Kursi Pemilu Legislatif DPR RI Jawa Tengah 2024 Fourindira, D. A. & Sutanto	545
Pengembangan Media Pembelajaran Web Interaktif Menggunakan Pendekatan Berdiferensiasi Pada Elemen Teknologi Informasi Dan Komunikasi Dengan Model Problem Based Learning Alfan, M., Faisal, R., & Aprilianto, P.	556
Penerapan Regresi Semiparametrik Spline Truncated dalam Memodelkan Angka Harapan Hidup di Sumatera Utara Wulan, C. W. & Mansyur, A.	567
Analisis Prediksi Saham Emas PT Aneka Tambang (Tbk) Menggunakan Long Short-Term Memory (LSTM) dan Gated Recurrent Unit (GRU) Luxfiati, N. A., & Bustamam, A.	578
Penerapan Algoritma Genetika Dalam Optimasi Komposisi Menu Makanan bagi Penderita Stroke Ritonga, Y. A. & Ahyaningsih, F.	584
Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Ekonomi di Sumatera Utara Menggunakan Regresi Data Panel Naibaho, H. M., & Khairani, N.	593
Peningkatan Kemampuan Komunikasi Matematis Peserta Didik Kelas X dengan Pembelajaran Berbasis Proyek Kolaboratif Berbantuan Media Canva Saragih, G. P.	601
Implementasi Pembelajaran Kooperatif Tipe TGT Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Siswa SMP Islam Al-Fadhli Cindey, T. A. M., & Hasratuddin	611
Pengembangan E-Modul Berbasis Smart Apps Creator 3 untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Peserta Didik Kelas VIII MTs Zain, D. & Kairuddin	621
Analisis Kesulitan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Program Linier Berbantuan Kalkulator Grafik di Kelas XI Elfina, H.	631
Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbasis Komik Digital Untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa Kelas VII SMP Negeri 17 Medan Banurea, L. K., & Siregar, T. M.	642

Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw Terhadap Kemampuan Koneksi Matematis Siswa SMP Negeri 15 Medan Hutagalung, A. F. S., & Siregar, N.	651
Pengaruh Kepercayaan Diri (Self Confidence) terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa Ginting, E. R., & Simanjorang, M. M.	662
Penerapan Pembelajaran Kontekstual Berbantuan Aplikasi Desmos untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa SMA Elfani, E.	669
Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Ditinjau dari Gaya Belajar yang Dibelajarkan dengan Model PBM Sinaga, A. P., & Simanullang, M. C.	679
Pemetaan Tenaga Kesehatan di Provinsi Sumatera Utara Menggunakan Metode Multidimensional Scaling Silaban, A. & Susiana	687
Pengembangan Video Pembelajaran Matematika Menggunakan Powtoon untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa di SMP Negeri 1 Kuala Fazriani, A., & Sagala, P. N.	697
Penerapan Metode Adams-Bashfort-Moulton pada Persamaan Logistik dalam Memprediksi Pertumbuhan Penduduk di Provinsi Sumatera Utara Hasibuan, Z. A. E., & Ritonga, A.	705
Efektivitas Model Pembelajaran Discovery Learning Terhadap Kemampuan Literasi Numerasi Siswa Kelas VII Di UPT SMP Negeri 37 Medan Talaumbanua, B. N.	715
Perbedaan Kemampuan Pemecahan Masalah Diajarkan dengan Model Pembelajaran Berbasis Masalah dan Pendidikan Matematika Realistik Indonesia Sipayung, E. N., & Napitupulu, E. E.	721
Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Etnomatematika Berbantuan Classpoint untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa Kelas VII Tobing, E. L., & Siregar, T. M.	729
Pengaruh Model Pembelajaran Numbered Head Together Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa 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 Python Script berdasarkan Metode Runge-Kutta Orde Lima berbasis pada Rata-rata Heronian untuk Menyelesaikan Model Lengan Robot yang diperkecil

Jonathan Martua Gultom¹, Wira Wibawa Permadi², Nur Rizkah Khoiriyah Pohan^{3*}, 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: nurrizkahkhoiriyahhh88@gmail.com

Abstrak, Artikel ini membahas tentang pembangunan syntax python untuk menyelesaikan model sistem lengan robot yang diperkecil. Syntax ini dibangun untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi komputasi dibandingkan dengan software-software yang pernah digunakan Metode Runge-Kutta Orde kelima dengan bobot khusus yang dikombinasikan dengan rata-rata Heronian (RK5BRH) memberikan penekanan pada perhitungan setiap tahap dengan bobot tertentu, sementara rata-rata Heronian digunakan untuk menyempurnakan hasil numerik pada beberapa tahap perhitungan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa RK5BRH mampu menghasilkan solusi yang akurat dan konvergen. Dari hasil diperoleh bahwa syntax python berbasis metode RK5BRH menjadi alternatif syntax masalah yang lebih kompleks.

Kata kunci: Metode Runge-Kutta Berbobot Orde Lima, Rata-rata Heronian, Python, model sistem lengan robot yang diperkecil

Abstract, This article discusses the development of Python syntax to solve a scaled-down robotic arm system model. This syntax is built to improve accuracy and computational efficiency compared to previously used software. The fifth-order Runge-Kutta method with special weights combined with the Heronian mean (RK5BRH) emphasizes the calculation of each stage with a certain weight. In contrast, the Heronian average is used to refine the numerical results at several calculation stages. The simulation results show that RK5BRH can produce accurate and convergent solutions. The results show that the Python syntax based on the RK5BRH method is an alternative syntax for more complex problems.

Keywords: Fifth Order Weighted Runge-Kutta Method combined with Heronian Mean, Python, reduced robot arm system model

Citation : Gultom J. M., dkk. (2024). Pembangunan Python Script berdasarkan Metode Runge-Kutta Orde Lima berbasis pada Rata-rata Heronian untuk Menyelesaikan Model lengan robot yang diperkecil. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2024*. 216 – 223

PENDAHULUAN

Dalam dunia otomasi dan robotika, pemodelan sistem dinamis diperlukan untuk menggambarkan perubahan posisi, kecepatan, dan gaya secara tepat. Salah satu aspek krusial dalam pemodelan tersebut adalah masalah nilai awal (Initial Value Problem, IVP), di mana solusi persamaan diferensial dicari dengan mempertimbangkan kondisi awal sistem (Butcher, 2021). Pemahaman dan penyelesaian IVP sangat penting dalam perancangan sistem yang membutuhkan kontrol presisi tinggi, seperti lengan robot, agar perilakunya dapat diprediksi dan dioptimalkan dalam waktu nyata (Rismayanti & Susanto, 2022), $x'_1 = x_2$, $x'_2 = 0.2140x_2 - 0.173x_1 + 0.0265$, $x'_3 = x_4$, dan $x'_4 = -0.13032x_4 - 0.00191844x_3 + 0.00935089$.

Dengan kondisi awal: $x_1(0) = -1$, $x_2(0) = 0$, $x_3(0) = -1$, $x_4(0) = 0$. Model ini menggambarkan interaksi antara posisi dan kecepatan pada lengan robot. Sistem ini memerlukan metode numerik dengan akurasi tinggi untuk menyelesaikan IVP, karena solusi analitiknya sulit

ditemukan secara langsung. Metode RK5BRH diterapkan untuk memastikan solusi yang stabil dan konvergen (Khalil & Nasser, 2023). Model ini menunjukkan interaksi antar variabel posisi dan kecepatan pada lengan robot. Setiap variabel bergantung pada kondisi awalnya, dan perubahan kecil pada kondisi awal dapat berdampak besar pada hasil akhir, yang merupakan karakteristik umum dari sistem non-linear (Khalil & Nasser, 2023). Dalam kasus seperti ini, solusi analitik sering kali sulit ditemukan, sehingga metode numerik digunakan sebagai pendekatan untuk menyelesaikan IVP secara efisien (Butcher, 2021).

Metode numerik yang umum digunakan untuk menyelesaikan IVP adalah metode Runge-Kutta Orde Lima (RK5). RK5 dipilih karena memiliki keunggulan akurasi yang lebih baik dibandingkan metode Euler dan Taylor, serta mampu menangani dinamika kompleks (Rismayanti & Susanto, 2022). Penelitian ini memodifikasi RK5 dengan menggunakan rata-rata Heronian untuk memperbaiki kestabilan perhitungan dan akurasi solusi. Rata-rata Heronian, yang menggabungkan aspek rata-rata aritmetika dan geometris, diterapkan pada beberapa tahapan iterasi dalam algoritma RK5 untuk menghasilkan solusi yang lebih halus dan konvergen (Nitzan, 2021). Persamaan diferensial dapat diselesaikan dengan menggunakan teknik analisis, sehingga diperlukan perangkat lunak untuk menyelesaikan persamaan diferensial secara numerik. Ada banyak program matematika yang tersedia untuk tujuan ini seperti Matlab (Nasution et al. ((2024), Matematika (Mangobi (2023)), dan Maple (Rangkuti et al, (2014). Selain itu, bahasa pemrograman python juga bisa menyelesaikan persamaan diferensial secara numerik (Yoda et al. (2024))

Python diciptakan oleh Guido van Rossum pada akhir 1980-an, dan dirilis pertama kali pada tahun 1991. Van Rossum mengembangkan Python dengan tujuan untuk membuat bahasa pemrograman yang mudah dipelajari dan digunakan, tetapi tetap kuat dan fleksibel untuk menangani berbagai tugas. Python kini menjadi salah satu bahasa pemrograman yang paling populer, terutama di kalangan ilmuwan komputer, ilmuwan data, dan insinyur (Rangkuti et al. (2021), Romzil & Kurniawan (2020), Syahrudin & Kurniawan (2018)).

Python digunakan untuk implementasi simulasi ini karena 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 (Rangkuti et al. (2021), Romzil & Kurniawan (2020), Syahrudin & Kurniawan (2018)). Library utama yang digunakan dalam simulasi ini meliputi: (a) NumPy: Untuk melakukan perhitungan numerik pada array multi-dimensi dan melakukan operasi dalam matematika menggunakan library NumPy. (b) Matplotlib: Untuk memvisualisasikan hasil simulasi dalam bentuk grafik 2D dan 3D, termasuk plot lintasan $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$ serta diagram fase dan lintasan 3D dari ruang fase menggunakan 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` (Rangkuti et al. (2021), Romzil & Kurniawan (2020), Syahrudin & Kurniawan (2018)). Artikel ini bertujuan untuk mengembangkan syntax python untuk menghitung metode RK5BRH dalam menyelesaikan model sistem lengan robot yang diperkecil untuk menguji performa metode dalam konteks berbagai permasalahan nilai awal tersebut

METODE RUNGE-KUTTA BERBOBOT ORDE KELIMA BERDASARKAN MEAN HERONIAN

Metode Runge-Kutta Orde Lima standar terlebih dahulu. Kemudian, terapkan rata-rata Heronian pada salah satu atau beberapa tahapan dalam skema RK5 (misalnya, menggantikan perhitungan tahapan k_i dengan rata-rata Heronian dari beberapa nilai k_i sebelumnya).

$$y_{i+1} = y_i + \frac{h}{14} \left(k_1 + 2(k_2 + k_3) + 2(k_3 + k_4) + k_5 + \sqrt{|k_1 k_2|} + \sqrt{|k_2 k_3|} + \sqrt{|k_3 + k_4|} + \sqrt{|k_4 + k_5|} \right) \quad (1)$$

dimana; $k_1 = f(x_i, y_i)$, $k_2 = f\left(x_i + \frac{38789865}{163066739}h, y_i + \frac{38789865}{163066739}hk_1\right)$,

$$k_3 = f\left(x_i + \frac{41063576}{89521497}h, y_i - \frac{38926273}{154969080}hk_1 + \frac{49239911}{69362921}hk_2\right),$$

$$k_4 = f\left(x_i + \frac{142104621}{142562423}h, y_i - \frac{46861542}{132568883}hk_1 + \frac{415527214}{419413821}hk_2 + \frac{38385758}{106762407}hk_3\right),$$

$$k_5 = f\left(x_i + \frac{73755049}{110356862}h, y_i + \frac{311954026}{192782691}hk_1 - \frac{40359572}{29023473}hk_2 - \frac{25308289}{156858746}hk_3 + \frac{45864583}{76174812}hk_4\right).$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam artikel ini membahas pembangunan syntax untuk menunjukkan solusi numerik dari masalah nilai awal menggunakan metode RK5BRH. Library yang dipilih adalah import numpy as np untuk melakukan operasi numerik di Python sedangkan adalah library import matplotlib.pyplot as plt untuk membuat visualisasi data dengan grafik serta import pandas as pd untuk pembangunan dataframe. kemudian pada Syntax python dilanjutkan dengan mendefinisikan fungsi yang akan di selesaikan Syntax python yang dibangun ditunjukkan sebagai berikut:

```
#Library
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
def FF(t, x1, x2, x3, x4):
    return x2
def GG(t, x1, x2, x3, x4):
    return 0.2140 * x2 - 0.1730 * x1 + 0.0265
def HH(t, x1, x2, x3, x4):
    return x4
def II(t, x1, x2, x3, x4):
    return -0.130321 * x4 - 0.00191844 * x3 + 0.00935089
```

Kemudian, fungsi di definisikan terdapat empat fungsi yaitu fungsi FF, GG, HH, dan II dengan membedakan variabel x1, x2, x3 dan x4. Kemudian metode RK5BRH dibangun seperti syntax berikut:

```
def RK5BRH_solver(FF, GG, HH, II, x10, x20, x30, x40, t0, tf, h):
    t_values = []
    x1_values = []
    x2_values = []
    x3_values = []
    x4_values = []
    t = t0
    x1 = x10
    x2 = x20
    x3 = x30
    x4 = x40
    while t <= tf:
        t_values.append(t)
        x1_values.append(x1)
        x2_values.append(x2)
        x3_values.append(x3)
```

Prosiding Seminar Nasional Jurusan Matematika

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

```
x4_values.append(x4)
k1 = h * FF(t, x1, x2, x3, x4)
l1 = h * GG(t, x1, x2, x3, x4)
m1 = h * HH(t, x1, x2, x3, x4)
n1 = h * II(t, x1, x2, x3, x4)
k2 = h * FF(t + 38789865*h/163066739, x1 + 38789865*k1/163066739, x2 +
38789865*k1/163066739, x3 + 38789865*k1/163066739, x4 + 38789865*k1/163066739)
l2 = h * GG(t + 38789865*h/163066739, x1 + 38789865*l1/163066739, x2 +
38789865*l1/163066739, x3 + 38789865*l1/163066739, x4 + 38789865*l1/163066739)
m2 = h * HH(t + 38789865*h/163066739, x1 + 38789865*m1/163066739, x2 +
38789865*m1/163066739, x3 + 38789865*m1/163066739, x4 + 38789865*m1/163066739)
n2 = h * II(t + 38789865*h/163066739, x1 + 38789865*n1/163066739, x2 +
38789865*n1/163066739, x3 + 38789865*n1/163066739, x4 + 38789865*n1/163066739)

k3 = h * FF(t + 41063576*h/89521497, x1 -38926273*k1/154969080 +49239911*k2/69362921, x2 -
38926273*k1/154969080 +49239911*k2/69362921, x3 -38926273*k1/154969080
+49239911*k2/69362921, x4 -38926273*k1/154969080 +49239911*k2/69362921)
l3 = h * GG(t + 41063576*h/89521497, x1 -38926273*l1/154969080 +49239911*l2/69362921,
x2 -38926273*l1/154969080 +49239911*l2/69362921, x3 -38926273*l1/154969080
+49239911*l2/69362921, x4 -38926273*l1/154969080 +49239911*l2/69362921)
m3 = h * HH(t + 41063576*h/89521497, x1 -38926273*m1/154969080 +49239911*m2/69362921, x2
-38926273*m1/154969080 +49239911*m2/69362921, x3 -38926273*m1/154969080
+49239911*m2/69362921, x4 -38926273*m1/154969080 +49239911*m2/69362921)
n3 = h * II(t + 41063576*h/89521497, x1 -38926273*n1/154969080 +49239911*n2/69362921, x2
-38926273*n1/154969080 +49239911*n2/69362921, x3 -38926273*n1/154969080
+49239911*n2/69362921, x4 -38926273*n1/154969080 +49239911*n2/69362921)

k4 = h * FF(t + 142104621*h/142562423, x1 - 46861542*k1/132568883 + 415527214*k2/419413821 +
38385758*k3/106762407, x2 - 46861542*k1/132568883 + 415527214*k2/419413821 +
38385758*k3/106762407, x3 - 46861542*k1/132568883 + 415527214*k2/419413821 +
38385758*k3/106762407, x4 - 46861542*k1/132568883 + 415527214*k2/419413821 +
38385758*k3/106762407)
l4 = h * GG(t + 142104621*h/142562423, x1 - 46861542*l1/132568883 +
415527214*l2/419413821 + 38385758*l3/106762407, x2 - 46861542*l1/132568883 +
415527214*l2/419413821 + 38385758*l3/106762407, x3 - 46861542*l1/132568883 +
415527214*l2/419413821 + 38385758*l3/106762407, x4 - 46861542*l1/132568883 +
415527214*l2/419413821 + 38385758*l3/106762407)
m4 = h * HH(t + 142104621*h/142562423, x1 - 46861542*m1/132568883 +
415527214*m2/419413821 + 38385758*m3/106762407, x2 - 46861542*m1/132568883 +
415527214*m2/419413821 + 38385758*m3/106762407, x3 - 46861542*m1/132568883 +
415527214*m2/419413821 + 38385758*m3/106762407, x4 - 46861542*m1/132568883 +
415527214*m2/419413821 + 38385758*m3/106762407)
n4 = h * II(t + 142104621*h/142562423, x1 - 46861542*n1/132568883 +
415527214*n2/419413821 + 38385758*n3/106762407, x2 - 46861542*n1/132568883 +
415527214*n2/419413821 + 38385758*n3/106762407, x3 - 46861542*n1/132568883 +
415527214*n2/419413821 + 38385758*n3/106762407, x4 - 46861542*n1/132568883 +
415527214*n2/419413821 + 38385758*n3/106762407)

k 5=f(x_i+73755049/110356862      h,y_i+311954026/192782691      hk_1-40359572/29023473      hk_2-
25308289/156858746 hk_3+45864583/76174812 hk_4 )

k5 = h * FF(t + 73755049*h/110356862, x1 + 311954026*k1/192782691 - 40359572*k2/29023473 -
25308289*k3/156858746 + 45864583*k4/76174812, x2 + 311954026*k1/192782691 - 40359572*k2/29023473
- 25308289*k3/156858746 + 45864583*k4/76174812, x3 + 311954026*k1/192782691 - 40359572*k2/29023473
- 25308289*k3/156858746 + 45864583*k4/76174812, x4 + 311954026*k1/192782691 - 40359572*k2/29023473
- 25308289*k3/156858746 + 45864583*k4/76174812)

15 = h * GG(t + 73755049*h/110356862, x1 + 311954026*l1/192782691 - 40359572*l2/29023473 -
25308289*l3/156858746 + 45864583*l4/76174812, x2 + 311954026*l1/192782691 - 40359572*l2/29023473
- 25308289*l3/156858746 + 45864583*l4/76174812, x3 + 311954026*l1/192782691 - 40359572*l2/29023473
```

```
- 25308289*13/156858746 + 45864583*14/76174812, x4 + 311954026*11/192782691 - 40359572*12/29023473
- 25308289*13/156858746 + 45864583*14/76174812)
```

```
m5 = h * HH(t + 73755049*h/110356862, x1 + 311954026*m1/192782691 - 40359572*12/29023473 -
25308289*m3/156858746 + 45864583*m4/76174812, x2 + 311954026*m1/192782691 - 40359572*m2/29023473
- 25308289*m3/156858746 + 45864583*m4/76174812, x3 + 311954026*m1/192782691 - 40359572*m2/29023473
- 25308289*m3/156858746 + 45864583*m4/76174812, x4 + 311954026*m1/192782691 - 40359572*m2/29023473
- 25308289*m3/156858746 + 45864583*m4/76174812)
```

```
m5 = h * II(t + 73755049*h/110356862, x1 + 311954026*m1/192782691 - 40359572*12/29023473 -
25308289*m3/156858746 + 45864583*m4/76174812, x2 + 311954026*m1/192782691 - 40359572*m2/29023473
- 25308289*m3/156858746 + 45864583*m4/76174812, x3 + 311954026*m1/192782691 - 40359572*m2/29023473
- 25308289*m3/156858746 + 45864583*m4/76174812, x4 + 311954026*m1/192782691 - 40359572*m2/29023473
- 25308289*m3/156858746 + 45864583*m4/76174812)
```

```
x1 += (k1 + 2*(k2 + k3) + 2*(k3 + k4) + k5 + np.sqrt(abs(k1*k2)) + np.sqrt(abs(k2*k3)) +
np.sqrt(abs(k3*k4)) + np.sqrt(abs(k4*k5)))/ 14
```

```
x2 += (l1 + 2*(l2 + l3) + 2*(l3 + l4) + l5 + np.sqrt(abs(l1*l2)) + np.sqrt(abs(l2*l3)) +
np.sqrt(abs(l3*l4)) + np.sqrt(abs(l4*l5)))/ 14
```

```
x3 += (m1 + 2*(m2 + m3) + 2*(m3 + m4) + m5 + np.sqrt(abs(m1*m2)) + np.sqrt(abs(m2*m3)) +
np.sqrt(abs(m3*m4)) + np.sqrt(abs(m4*m5)))/ 14
```

```
x4 += (n1 + 2*(n2 + n3) + 2*(n3 + n4) + n5 + np.sqrt(abs(n1*n2)) + np.sqrt(abs(n2*n3)) +
np.sqrt(abs(n3*n4)) + np.sqrt(abs(n4*n5)))/ 14
```

```
t += h
```

```
return t_values, x1_values, x2_values, x3_values, x4_values
```

Script dari metode RK5BRH menggunakan bentuk akar dan harga mutlak, khusus bentuk akar, Selanjutnya dibangun bagaimana nilai awal, interval waktu dan ukuran langkah serta menampilkan tabel setelah penginputan data dan perhitungan menggunakan RK4BRH dituliskan sebagai berikut.

```
x10 = -1
x20 = 0
x30 = -1
x40 = 0
t0 = 0
tf = 10
h = 0.01
t_values, w_values, x_values, y_values, z_values = RK5BRH_solver(FF, GG,
HH, II, x10, x20, x30, x40, t0, tf, h)
data = {
    "t": t_values,
    "x1": w_values,
    "x2": x_values,
    "x3": y_values,
    "x4": z_values
}
df = pd.DataFrame(data)
print(df)
```

Dari koding python, table hasil Solusi ditunjukkan pada gambar 1. Kemudian memvisualisasikan hasil simulasi melalui script di atas maka visualisasi 2 dimensi ditampilkan melalui script di bawah ini dan visualisasi melalui koding python di atas, solusi untuk $x1(t)$, $x2(t)$, $x3(t)$ dan $x4(t)$ masing-masing berwarna kuning, merah, biru dan hitam. Sedangkan tampilan dari $x1(t)$ adalah garis, $x2(t)$ adalah garis, $x3(t)$ adalah strip dan $x4(t)$ garis titik-titik seperti gambar2.

```
plt.figure(figsize=(10,6))
plt.plot(t_values, w_values, 'y-', label='x1 (w)')
```

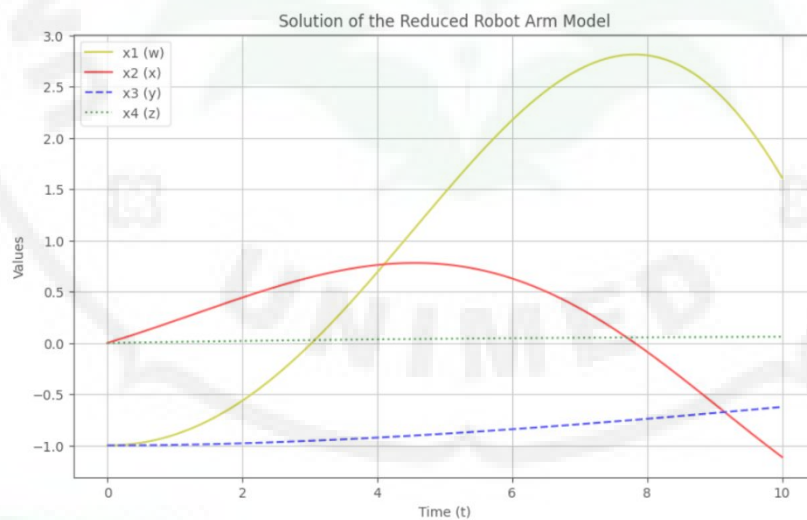
```
plt.plot(t_values, x_values, 'r-', label='x2 (x)')
plt.plot(t_values, y_values, 'b--', label='x3 (y)')
plt.plot(t_values, z_values, 'g:', label='x4 (z)')

plt.xlabel('Time (t)')
plt.ylabel('Values')
plt.title('Solution of the Reduced Robot Arm Model')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()
```

	t	x1	x2	x3	x4
0	0.00	-1.000000	0.000000	-1.000000	0.000000
1	0.01	-0.999990	0.001997	-0.999999	0.000113
2	0.02	-0.999960	0.003999	-0.999998	0.000225
3	0.03	-0.999910	0.006004	-0.999995	0.000337
4	0.04	-0.999840	0.008014	-0.999991	0.000450
...	...	...	...	...	...
996	9.96	1.656696	-1.093521	-0.626484	0.060938
997	9.97	1.645736	-1.098458	-0.625874	0.060964
998	9.98	1.634727	-1.103386	-0.625265	0.060990
999	9.99	1.623668	-1.108306	-0.624655	0.061016
1000	10.00	1.612560	-1.113218	-0.624044	0.061042

[1001 rows x 5 columns]

Gambar 1. Output dari pengkodean



Gambar 2. Visualisasi ini osilasi dari variabel-variabel

Analisis Tabel Hasil Simulasi : Tabel hasil simulasi menunjukkan perubahan nilai variabel x_1, x_2, x_3 , dan x_4 dalam rentang waktu 0 hingga 10 detik. Berikut beberapa poin penting dari tabel. Posisi (x_1): Nilai awal $x_1(0) = -1$ meningkat secara bertahap dan mencapai sekitar 1.65 pada $t = 10$. Ini menunjukkan bahwa posisi lengan robot mengalami perubahan signifikan. Kecepatan (x_2): Awalnya 0, kecepatan meningkat dan kemudian menurun mendekati -1.1 pada akhir simulasi. Pola ini mencerminkan adanya percepatan awal yang diikuti oleh perlambatan. Variabel x_3 dan x_4 : Kedua variabel ini menunjukkan perubahan kecil namun tetap signifikan untuk menggambarkan interaksi tambahan dalam sistem.

Interpretasi Grafik Solusi Numerik : Grafik yang dihasilkan memvisualisasikan dinamika keempat variabel terhadap waktu, memberikan wawasan yang lebih jelas tentang perubahan yang terjadi. Posisi x_1 (Garis kuning): Posisi meningkat secara signifikan hingga mendekati puncak di

sekitar waktu $t = 8$, dan kemudian mulai menurun. Ini mencerminkan perubahan posisi sistem lengan robot akibat perubahan kondisi awal dan pengaruh kecepatan. Kecepatan x_2 (Garis merah): Pola grafik kecepatan menunjukkan peningkatan dan penurunan yang konsisten. Kecepatan maksimum dicapai sebelum mulai menurun menuju negatif, mengindikasikan perlambatan sistem di akhir waktu simulasi. Variabel x_3 (Garis biru): Nilainya meningkat perlahan dan relatif stabil, menunjukkan komponen tambahan yang memberikan stabilitas pada sistem. Variabel x_4 (Garis hijau): Menunjukkan fluktuasi kecil, mengindikasikan adanya faktor minor yang memengaruhi perubahan Pola Perubahan Dinamis : Grafik memperlihatkan pola osilasi pada posisi dan kecepatan sistem, dengan posisi mencapai nilai maksimum sebelum akhirnya menurun. Sementara itu, kecepatan berubah dari positif menjadi negatif, mengindikasikan bahwa sistem mengalami percepatan dan perlambatan dalam rentang waktu tertentu.

KESIMPULAN

Berdasarkan implementasi dan hasil simulasi, dapat disimpulkan bahwa metode Runge-Kutta Orde Lima berbobot dengan rata-rata Heronian (RK5BRH) memberikan solusi numerik yang akurat, stabil, dan konvergen dalam menyelesaikan model sistem lengan robot yang diperkecil. Penggunaan bobot dalam RK5 dan modifikasi menggunakan rata-rata Heronian telah terbukti mengurangi fluktuasi dan kesalahan perhitungan, terutama dalam sistem dinamis seperti lengan robot. Simulasi menunjukkan bahwa solusi yang dihasilkan mencerminkan pola perubahan yang stabil dan konsisten dengan dinamika yang diharapkan. Selain itu, hasil simulasi ini memperkuat potensi metode RK5BRH untuk diterapkan dalam bidang teknik dan robotika, di mana diperlukan akurasi tinggi dalam pemodelan dan kontrol. Implementasi menggunakan Python mempermudah proses analisis dan visualisasi hasil, sehingga meningkatkan efisiensi dalam memahami perilaku sistem dinamis. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan metode numerik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan IVP pada berbagai sistem non-linear.

DAFTAR PUSTAKA

- Butcher, J. C. (2021). *Numerical Methods for Ordinary Differential Equations*. Wiley.
- Chandru, M., Ponalagusamy, R., & Alphonse, P. J. A. (2017). A New Fifth-Order Weighted Runge-Kutta Algorithm Based on Heronian Mean for Initial Value Problems in Ordinary Differential Equations
- Fatahillah, M., Istiqomah, & Dafik. (2021). Pemodelan Matematika pada Kasus Kecanduan Game Online Menggunakan Metode Runge-Kutta Orde 14. *Limits*, 19(4), 305-320.
- Ifa, S. D. (2021). Pengembangan Teori Persamaan Diferensial untuk Meningkatkan Cara Berpikir Kritis Mahasiswa Pendidikan Matematika. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 10(3), 150-160.
- Jusriani, E., & Zulfitri, W. F. (2020). Penentuan Solusi Persamaan Diferensial Biasa Menggunakan Maple. *Jurnal Axiomath*, 12(1), 33-42.
- Kartono, Y., & Wahyudi, S. (2015). *Persamaan Diferensial: Teori dan Aplikasi*. Penerbit Erlangga.
- Khalil, M., & Nasser, Y. (2023). Efficient Implementation of Modified Numerical Methods for Differential Equations. *Mathematics and Computers in Simulation*, 62(7), 189-200.
- Ludji, D. G., & Buan, F. C. H. (2022). Penerapan Metode Runge-Kutta Orde 4 pada Pemodelan Penularan Penyakit Cacar Monyet. *Jurnal Saintek Lahan Kering*, 15(2), 45-56.
- Mangobi, J.U.L., (2023) SEIR Model Simulation with Part of Infected Mosquito Eggs, *BAREKENG: Journal of Mathematics and Its Applications*, 17(3), 1641–1652

- Nasution, H., Alamsyah, F., & Surbakti, N.M., (2024), Analisis Matematika Efektifitas Vaksin Pada Pengendalian Penyebaran Covid-19 di Provinsi Sumatera Utara, *Jurnal Matematika UNAND*, 12(3), 229 – 244
- Nitzan, A., et al. (2021). Modeling of Ecological Dynamics Using Differential Equations. *Ecological Modelling*, 35(1-2), 191-204.
- Rangkuti, Y.M., Side, S., & Noorani, M.S.M., (2014), Numerical analytic solution of SIR model of dengue fever disease in south Sulawesi using homotopy perturbation method and variational iteration method, *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*, 46(1), 91-105
- Rangkuti, Y.M., Al Idrus, S.S, Tarigan, D.D. (2021), Pengantar Pemrograman Python, Media Sains Indonesia, Bandung
- Rismayanti, L., & Susanto, H. (2022). Numerical Solutions for Epidemic Models Using the Runge-Kutta Method. *Journal of Epidemiological Research*, 18(3), 235-248.
- Romzi & Kurniawan. B., (2020). Pembelajaran Pemrograman Python Dengan Pendekatan Logika Algoritma . *JTIM: Jurnal Teknik Informatika Mahakarya*, 37- 44
- Syahrudin, A.N, Kurniawan. T., (2018). Input Dan Output Pada Bahasa Pemrograman Python. *Jurnal Dasar Pemrograman Python STMIK*, 1-7.
- Vázquez, J., et al. (2023). Data Analysis and Modeling Using Python: Applications in Biomedicine. *Journal of Biomedical Informatics*, 45(2), 100-115.
- Yoda, Y., Ouedraogo, H., Ouedraogo, D. & Guirou, A., (2024), Mathematical analysis and optimal control of Dengue fever epidemic model, *Advances in Continuous and Discrete Models*, 2024:11, 1-33