

MEDIA ANALISIS OSILATOR HARMONIK PADA PEGAS BERBASIS GRAPHIC USER INTERFACE (GUI)

Nurullaeli¹, Irnin Agustina Dwi Astuti²

Program Studi Informatika, FTIK, Universitas Indraprasta PGRI¹
Program Studi Pendidikan Fisika, FMIPA, Universitas Indraprasta PGRI²
Email: leli.biofisika@gmail.com

Diterima: 28 Januari 2019. Disetujui: 10 Mei 2019.

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat Graphic User Interface (GUI) sebagai media analisis data eksperimen (perhitungan konstanta pegas) dan analisis konsep osilator harmonik pada pegas. Metode yang digunakan, yaitu regresi linear, Runge-Kutta orde 4 (RK4), dan ode45 berbantuan bahasa pemrograman Matlab. Penggunaan GUI dalam perhitungan konstanta pegas maupun analisis konsep osilator harmonik pada pegas akan lebih akurat dan menghemat waktu. Dalam analisis konsep osilator harmonik pada pegas, metode numerik ode45 untuk rentang waktu yang lebar lebih mendekati nilai sebenarnya dibanding metode RK4.

Kata Kunci: osilator harmonik, pegas, graphic user interface.

Abstract

The purpose of this study is to create a Graphic User Interface (GUI) as a medium for data research analysis (spring constant calculation) and to analyze the harmonic oscillator concept on spring. The method used linear regression, 4th order Runge-Kutta (RK4), and ode45 assisted with Matlab programming language. The usage of GUI in spring constants calculation and analyzing the concept of a harmonic oscillator on a spring will be more accurate and time-saving. In the harmonic oscillator concept analysis on spring, the numerical method ode45 with a wide span of time closed to actual value if compared to RK4 method.

Keywords: harmonic oscillator, spring, graphic user interface.

PENDAHULUAN

Osilator harmonik merupakan salah satu fenomena fisis yang dipelajari pada mata kuliah fisika dasar. Fenomena tersebut banyak terjadi di sekitar kita, salah satunya pada pegas tergantung secara vertikal yang diberi beban. Pada tingkat

perkuliahan, umumnya dalam pembelajaran materi osilator harmonik pada pegas, mahasiswa melakukan eksperimen di laboratorium. Eksperimen tersebut selain untuk memahami peristiwa osilasi juga untuk menghitung konstanta pegas.

Pendidikan saat ini dapat diintegrasikan dengan berbagai teknologi termasuk komputer, namun yang perlu diperhatikan adalah kesesuaian antara konteks dan juga potensi dari jenis teknologi yang digunakan dalam kegiatan pembelajaran yang ada (Aththibby, Lubis, & Ardiyanti). Pendidikan harus memanfaatkan kelimpahan teknologi untuk memberikan pendidikan kepada siswa di mana saja dan kapan saja (López Cruz & Gutierrez Cortes, 2012). Adanya teknologi komputasi yang ada banyak menghadirkan kemampuan modeling dari proses dan fenomena fisika sehingga dapat dengan mudah diselesaikan dengan metode numerik dan menggunakan komputer (Leader, 2004).

Penelitian mengenai konstanta pegas pernah dilakukan oleh Santosa (2010), dengan mengembangkan perangkat pengukuran konstanta pegas berbasis komputer. Untuk mendeteksi simpangan pegas setiap saat digunakan satu perangkat alat yang meliputi magnet, kumparan dan interface pengumpul data Vernier LabPro. Dari osilasi harmonis yang

teramati dapat diperoleh frekuensi osilasinya dan selanjutnya dapat ditentukan nilai konstanta pegas yang digunakan.

Penelitian lain mengenai pengukuran konstanta pegas dilakukan oleh Alkautsar dan Suprijadi (2012), dengan sistem object tracking untuk menentukan posisi pada perhitungan konstanta pegas dengan memanfaatkan pengolahan citra pada citra bergerak. Selisih konstanta pegas yang didapatkan melalui pengolahan citra dengan cara mekanik melalui metoda statik sebesar $\pm 2.51\%$ sedangkan melalui metoda dinamik sebesar 4.05%. Perhitungan konstanta pegas dari penelitian Santoso maupun Alkautsar dan Suprijadi masih dilakukan secara manual, sehingga membutuhkan waktu yang lama.

Persamaan osilator harmonik pada pegas dinyatakan dalam bentuk persamaan diferensial biasa orde 2. Persamaan diferensial biasa dapat diselesaikan dengan metode analitik dan numerik. Penyelesaian secara analitik memberikan nilai eksak, sedangkan secara numerik memberikan nilai taksiran. Akan

tetapi, beberapa persamaan diferensial tidak bisa diselesaikan secara analitik (Sihombing & Dahlia, 2018).

Metode numerik disebut juga sebagai metode alternatif dari metode analitik, yang merupakan metode penyelesaian persoalan matematika dengan rumus-rumus aljabar yang sudah baku atau lazim (Costa et al., 2014). Runge-Kutta merupakan salah satu metode numerik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial biasa. Tingkat ketelitian dari metode ini dipengaruhi oleh ordenya. Semakin besar ordenya maka semakin teliti hasil yang diperoleh (Fardinah, 2017). Contoh metode Runge-Kutta yang populer digunakan dalam penyelesaian persamaan diferensial biasa, yaitu RK4 dan RKF45.

Dalam penyelesaian persamaan diferensial biasa menggunakan RK4 dan RKF45 dapat dilakukan dengan bantuan bahasa pemrograman Matlab. Metode RKF45 pada bahasa pemrograman tersebut telah disediakan dalam fungsi panggilan ode45. Menurut Chapra (2012) fungsi ode45 menggunakan algoritma yang dikembangkan oleh Dormand and

Prince (1980), yang sekaligus menggunakan formula RK4 dan RK5 untuk mencari solusi. Matlab merekomendasikan ode45 sebagai fungsi yang diterapkan terlebih dahulu untuk sebagian besar masalah.

Kemampuan setiap mahasiswa dalam menggunakan Matlab tidak sama, ada beberapa mahasiswa yang kurang mahir dalam menulis sintak program sehingga bahasa pemrograman yang diharapkan mempermudah dalam menyelesaikan persamaan diferensial pada ayunan matematis malah menjadi rumit (Nurullaeli & Astuti, 2018). Hal ini juga berlaku untuk penyelesaian persamaan diferensial yang lain, termasuk pada pegas. Oleh karena itu, peneliti membuat Graphic User Interface (GUI) sebagai media analisis data eksperimen dan konsep osilator harmonik pada pegas.

Dengan penggunaan media simulasi Matlab ini, maka dosen tidak harus menjelaskan materi pelajaran secara berulang-ulang. Apabila selama ini sebagian potensi Dosen tercurahkan kepada penyajian materi belajar di depan kelas secara konvensional, maka hal tersebut dapat

dikurangi, sehingga perhatian dosen dapat lebih diarahkan kepada pengembangan dan pendalaman (Apriandi, & Setyansah, 2017).

Semua operasi matematika dalam Matlab terutama yang digunakan dalam penelitian ini adalah operasi matriks. Matlab dapat menunjukkan hasil perhitungandalam bentuk grafik dan dapat dirancangseseuai keinginan kita menggunakan GUI (Hutagalung, 2018).

Metode yang dipakai, yaitu regresi linear, RK4, dan ode45 berbantuan bahasa pemrograman Matlab. Penelitian ini diharapkan dapat menambah deretan media pembelajaran, khususnya konsep osilator harmonik pada pegas.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Universitas Indraprasta PGRI. Peralatan yang digunakan dalam penelitian yaitu sebuah laptop dengan prosesor Intel Core i5-2450M, 2.5 GHz, HDD 640 GB, memori 4 GB. Software yang digunakan dalam penelitian ini adalah Matlab (Matrix Laboratory) R2013a dan MS. Office 2010. Data penelitian

diperoleh dari hasil eksperimen pegas tergantung secara vertikal yang diberi beban di laboratorium. Data yang didapat, kemudian dianalisis secara numerik dengan bantuan bahasa pemrograman Matlab. Metode yang digunakan yaitu metode regresi linier. Selain analisis data eksperimen, penelitian ini juga menganalisis konsep osilator harmonik pada pegas secara umum. Metode yang digunakan yaitumetode RK4 dan ode45 dengan bantuan bahasa pemrograman Matlab.

Pada pegas teregang karena adanya gaya berlaku hukum Hooke dengan persamaan

$$F = -kx \quad (1)$$

tanda negatif pada persamaan di atas berarti bahwa gaya yang bekerja pada benda selalu berlawanan arah dengan arah simpangannya dan posisi setimbang adalah pada saat x sama dengan 0.

Hukum Newton kedua juga berlaku pada peristiwa tersebut sehingga didapatkan persamaan

$$ma = -kx \quad (2)$$

Pada persamaan osilator harmonik berlaku

$$a = -\omega^2 x = -\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 x \quad (3)$$

apabila persamaan tersebut disubsitusikan ke persamaan diatasnya maka akan didapatkan

$$T^2 = \frac{4\pi^2 m}{k} \quad (4)$$

dimana T^2 = kuadrat periode osilasi, m = massa beban, dan k = konstanta pegas.

Perhitungan konstanta pegas dicari menggunakan metode regresi linear. Persamaan regresi linear yaitu sebagai berikut

$$\bar{y} = a\bar{x} + b \quad (5)$$

Sesuai dengan grafik hubungan antara kuadrat periodik (sebagai sumbu y) terhadap massa beban (sebagai sumbu x), maka diperoleh persamaan gradien

$$a = \frac{T^2}{m} = \frac{4\pi^2}{k} \quad (6)$$

sehingga untuk menentukan konstanta pegas dihitung menggunakan persamaan

$$k = \frac{4\pi^2}{a} \quad (7)$$

Metode regresi linear ini juga digunakan untuk menentukan koefisien deterministik, standar deviasi, dan ketidakpastian dari data

yang diperoleh pada saat eksperimen.

Metode kedua yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode RK4. Metode tersebut merupakan metode yang dipakai untuk menyelesaikan persamaan diferensial dengan pendekatan deret Taylor dan persamaannya dituliskan sebagai berikut

$$k_1 = f(x_n, y_n) \quad (8)$$

$$k_2 = f\left(x_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{hk_1}{2}\right) \quad (9)$$

$$k_3 = f\left(x_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{hk_2}{2}\right) \quad (10)$$

$$k_4 = f(x_n + h, y_n + hk_3) \quad (11)$$

$$y_{n+1} = y_n + h\left(\frac{k_1}{6} + \frac{k_2}{3} + \frac{k_3}{3} + \frac{k_4}{6}\right) \quad (12)$$

Metode ketiga yang digunakan dalam penelitian ini adalah ode45. Pemanggilan fungsi ode45 pada Matlab adalah sebagai berikut :

[t, y] = ode45('fname', tspan, y0);

Keterangan :

fname :nama fungsi dari Mfile yang digunakan.

tspan :dua elemen vektor yang mendefinisikan rentang dari waktu awal dan waktu akhir.

y0 :vektor dari kondisi awal untuk variabel y.

Ketiga metode tersebut kemudian dikemas dalam bentuk GUI sehingga lebih mudah digunakan untuk analisis data eksperimen maupun konsep osilator harmonik pada pegas secara umum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

GUI pada penelitian ini terdiri dari tiga buah jendela yaitu jendela utama, jendela regresi linear untuk

pegas, serta jendela analisis pegas dengan RK4 dan ode45. GUI dibuat menggunakan bahasa pemrograman Matlab. Pada jendela utama GUI terdapat menu yang digunakan untuk memilih jendela yang akan dibuka. Pengguna dapat langsung memilih jendela mana yang akan digunakan dalam perhitungan dan analisis. Tampilan jendela utama GUI dapat dilihat pada gambar 1.

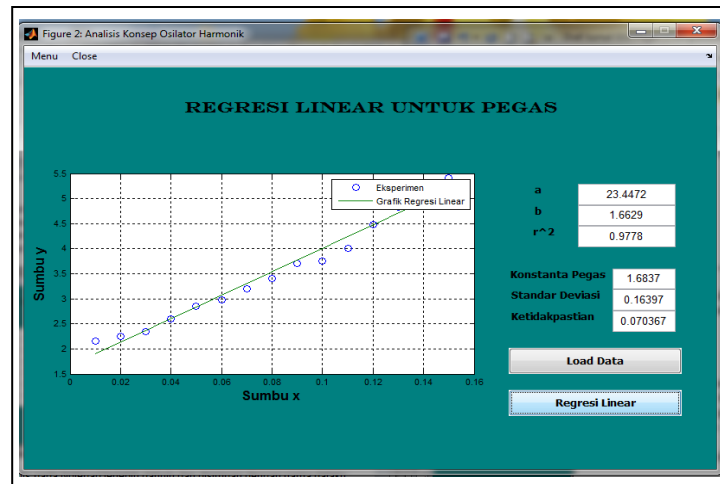


Gambar 1. Jendela Utama GUI

Jendela regresi linear untuk pegas digunakan untuk menganalisis data eksperimen yang telah dilakukan. Pada jendela ini terdapat perhitungan konstanta pegas, koefisien deterministik, standar deviasi, dan ketidakpastian. GUI regresi linear ini diharapkan dapat mempermudah dan mempercepat analisis data eksperimen yang biasanya

membutuhkan waktu yang lama dan ketelitian yang tinggi. Hasil analisis data eksperimen pegas dengan GUI dapat dilihat pada gambar 2.

Grafik hasil regresi linear dalam penelitian ini didapatkan nilai $a = 23.4472$, $b = 1.6629$, $r^2 = 97.78\%$, konstanta pegas 1.6837 kg/s^2 , standar deviasi 0.16397 , dan ketidakpastian 0.070367 .



Gambar 2. Jendela Regresi Linear untuk Pegas

Tabel 1. Data Eksperimen Pegas

No	m (kg)	T(s)	T ² (s ²)
1	0.01	1.467	2.152089
2	0.02	1.498	2.244004
3	0.03	1.534	2.353156
4	0.04	1.61	2.592100
5	0.05	1.687	2.845969
6	0.06	1.724	2.972176
7	0.07	1.789	3.200521
8	0.08	1.846	3.407716
9	0.09	1.923	3.697929
10	0.1	1.937	3.751969
11	0.11	2.001	4.004001
12	0.12	2.116	4.477456
13	0.13	2.196	4.822416
14	0.14	2.269	5.148361
15	0.15	2.326	5.410276

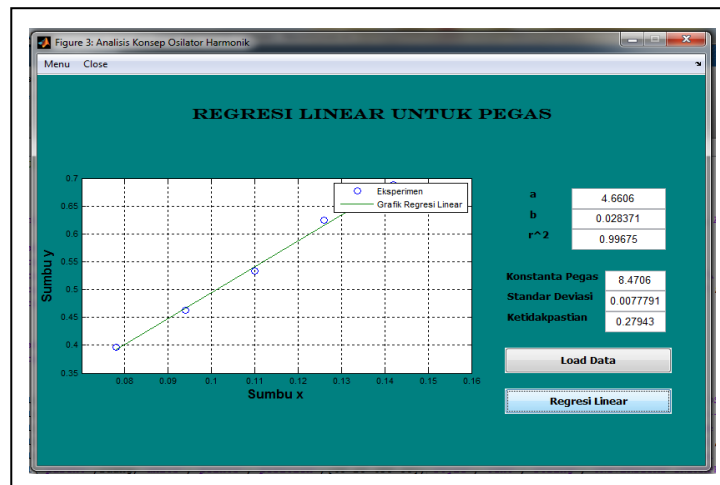
Ketepatan GUI dalam menghitung konstanta pegas juga diuji dengan data peneliti lain. Berdasarkan penelitian Alkautsar dan Suprijadi (2012), penentuan konstanta pegas melalui metode dinamik dengan cara

pengolahan citra menghasilkan konstanta pegas sebesar 8224.67 g/s² atau 8.22 kg/ s², 4.05% lebih besar dari pengamatan mekanik. Penggunaan GUI menjadikan analisis data yang diperoleh dari pengolahan

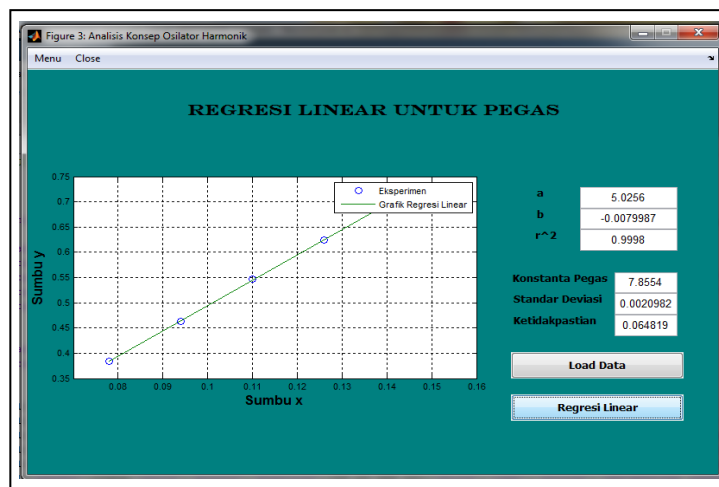
citra ataupun mekanik dapat dilakukan dengan cepat. Pada cara pengolahan citra didapatkan konstanta pegas sebesar 8.4706 kg/s^2 dan pada cara mekanik didapatkan konstanta pegas 7.8554 kg/s^2 .

Hasil perhitungan yang didapat dari GUI hampir sama dengan perhitungan Alkautsar dan Suprijadi

(2012). Sedikit perbedaan perhitungan diakibatkan karena perhitungan dengan GUI mempunyai ketelitian yang lebih tinggi dibandingkan perhitungan manual. Tampilan jendela GUI untuk perhitungan tersebut dapat dilihat pada gambar 3 dan 4.



Gambar 3. JendelaGUI Perhitungan Konstanta Pegas dari Cara Pengolahan Citra



Gambar 4. Jendela GUI Perhitungan Konstanta Pegas dari Cara Mekanik

Menu analisis pegas menggunakan metode RK4 dan ode45 digunakan untuk analisis konsep osilator harmonik pada pegas, salah satunya untuk mengetahui pengaruh nilai masukan pada bentuk grafik osilator harmonik pada pegas. Nilai masukan tersebut terdiri dari konstanta pegas, massa benda, konstanta redaman, selang waktu, inisial kondisi jarak mula-mula, inisial kondisi kecepatan mula-mula, dan jumlah langkah pengulangan. GUI ini dapat digunakan untuk analisis pegas teredam.

Persamaan osilator harmonik pada pegas yang mempunyai konstanta pegas k diberi beban m dan

mengalami gesekan dengan konstanta redaman b dapat ditulis sebagai berikut

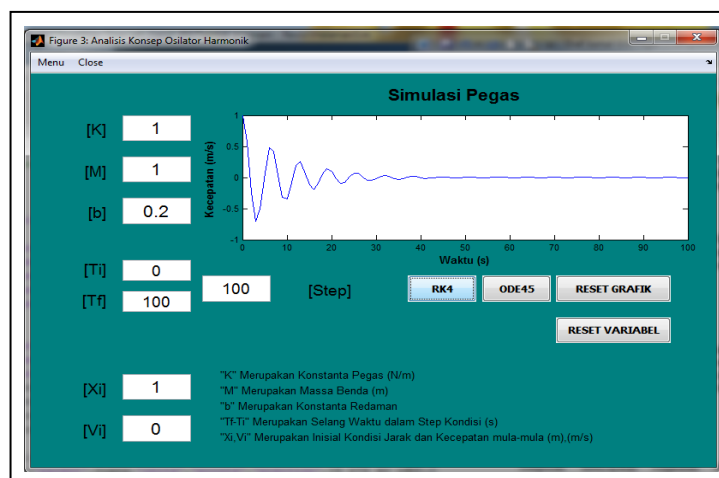
$$m + kx + b \frac{dx}{dt^2} = 0 \quad (13)$$

Pada analisis menggunakan metode RK4 dan ode45, persamaan di atas diubah menjadi dua persamaan diferensial biasa sebagai berikut

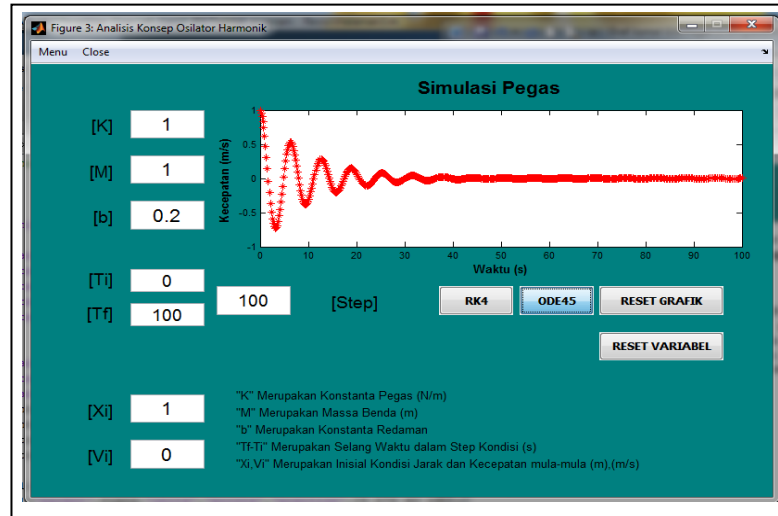
$$\frac{dx}{dt} = v \quad (14)$$

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{kx + bv}{m} \quad (15)$$

Dari kedua persamaan tersebut akan didapatkan hasil analisis osilator harmonik pada pegas. Simulasi untuk analisis osilator harmonik pada pegas dapat dilihat pada gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Jendela Analisis Pegas Menggunakan Metode RK4



Gambar 6. Jendela Analisis Pegas Menggunakan Metode ode45

Ucapan Terima Kasih

Apresiasi dan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Indraprasta PGRI yang telah membiayai penelitian ini, serta pengelola Jurnal Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Metro yang telah bersedia mempublikasikan hasil penelitian ini.

KESIMPULAN DAN SARAN

Graphic User Interface (GUI) dapat digunakan sebagai media analisis data eksperimen dan media analisis konsep osilator harmonik pada pegas. Penggunaan GUI ini akan membuat analisis lebih efektif dan efisien. Perbedaan perhitungan GUI

dengan perhitungan manual diakibatkan karena perhitungan dengan GUI mempunyai ketelitian yang lebih tinggi. Dalam analisis konsep osilator harmonik pada pegas, metode numerik ode45 untuk rentang waktu yang lebar lebih mendekati nilai sebenarnya dibanding metode RK4. Perlu dilakukan pengembangan teori baru, dan/atau penelitian lanjutan sehingga dapat menyajikan analisis yang lebih lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

Apriandi, D., & Setyansah, R. K. (2017). Penerapan Media Simulasi Matlab Berbasis Interactive Conceptual untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Mahasiswa. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi*

- Pendidikan Matematika*, 6(2), 189-197.
- Alkautsar, A., & Suprijadi, S. (2012). Studi Pengukuran Konstanta Pegas dengan Pengolahan Citra. *Jurnal Otomasi, Kontrol & Instrumentasi*, 4(2), 65-75.
- Aththibby, A., Lubis, S., & Ardiyanti, Y. (2019, July). Tpack as Innovation of Learning Science Laboratory of Indonesia. In *6th International Conference on Educational Research and Innovation (ICERI 2018)*. Atlantis Press.
- Chapra, S. C. (2012). *Applied numerical methods with MATLAB® for engineers and scientists third edition*. New York: McGraw-Hill.
- Costa, J. D., Trihandaru., & Santi, M, R. S. (2014). Analisis Numerik untuk Gerak Osilasi Bergandeng pada Air Track dengan Metode Runge-Kutta. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng & DIY*, Yogyakarta, 26 April 2014, 14-17.
- Fardinah, F. (2017). Solusi Persamaan Diferensial Biasa dengan Metode Runge-Kutta Orde Lima. *Jurnal MSA (Matematika Dan Statistika Serta Aplikasinya)*, 5(1), 30-36.
- Hutagalung, S. N. (2018). Pembelajaran Fisika Dasar dan Elektronika Dasar Menggunakan Aplikasi Matlab Metode Simulink. *Journal Of Science and Social Research*, 1(1), 30-35.
- Leader, Jeffery J. (2004). *Numerical Analysis and Scientific Computation*. Addison Wesley.
- López Cruz, C. S. & Gutierrez Cortes, F. I. (2012). Mobility in Learning: Interdisciplinary Experiences. In *Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2012* (pp. 1845-1849). Chesapeake, VA: AACE.
- Nurullaeli, N., & Astuti, I. A. D. (2018). Pembuatan Graphic User Interface (GUI) untuk Analisis Ayunan Matematis Menggunakan Matlab. *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 10(2), 48-56.
- Santosa, I. E. (2010). Pengukuran Konstanta Pegas Secara Sederhana Berbasis Komputer. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIV HFI Jateng & DIY*, Semarang 10 April 2010, 210-214.
- Sihombing, S.C., & Dahlia, A. (2018). Penyelesaian Persamaan Diferensial Linier Orde Satu dan Dua disertai Nilai Awal dengan menggunakan Metode Runge Kutta Orde Lima Butcher dan Fehlberg (RKF45). *Jurnal Matematika Integratif*, 14(1), 51-60.