

IMPLEMENTASI DERET TAYLOR UNTUK MENGHITUNG ESTIMASI WAKTU TEMPUH BERJALAN KAKI PADA MATLAB

M. Fikri Zulfi, Rohit Jhon Lamtama Purba, Leni Karmila Daulay, Putri Harliana

Ilmu Komputer, Universitas Negeri Medan
Jl. William Iskandar Ps. V Medan, Indonesia
fikrizulfi5.4233250003@mhs.unimed.ac.id

ABSTRAK

Estimasi waktu tempuh berjalan kaki memiliki peran penting dalam manajemen waktu sehari-hari, khususnya bagi mahasiswa yang perlu mengatur jadwal perjalanan mereka secara efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode perhitungan waktu tempuh yang lebih akurat menggunakan pendekatan Deret Taylor, dengan mempertimbangkan kecepatan rata-rata sebagai fungsi non-linear. Data jarak dan kecepatan responden dikumpulkan melalui kuesioner, dan perhitungan dilakukan secara manual serta menggunakan MATLAB untuk mengevaluasi akurasi metode. Hasil menunjukkan bahwa pendekatan Deret Taylor menghasilkan estimasi yang identik dengan perhitungan manual dan dengan MATLAB dari data 5 responden yang dipakai. MATLAB bisa digunakan untuk dataset yang lebih besar karena memberikan efisiensi lebih baik. Dari hasil analisis, metode ini dapat diandalkan untuk aplikasi dalam perencanaan perjalanan dan pengembangan sistem navigasi berbasis estimasi waktu tempuh, menawarkan solusi yang praktis dan akurat.

Kata kunci : Deret Taylor, Matlab, Waktu Tempuh, Perhitungan Numerik

1. PENDAHULUAN

Perhitungan waktu tempuh menjadi kebutuhan penting dalam berbagai aktivitas manusia, termasuk mobilitas sehari-hari seperti berjalan kaki. Kemampuan untuk memperkirakan waktu tempuh dengan cepat dan akurat dapat membantu individu dalam mengatur jadwal, terutama di lingkungan urban di mana efisiensi waktu sangat diperhitungkan. Dalam matematika, waktu tempuh dapat dihitung menggunakan hubungan dasar antara jarak, kecepatan, dan waktu, yaitu $t = \frac{s}{v}$. Namun, untuk aplikasi praktis, sering kali diperlukan pendekatan numerik, terutama ketika fungsi yang terlibat tidak dapat diselesaikan secara langsung.

Metode ini menawarkan pendekatan yang fleksibel dengan akurasi yang dapat ditingkatkan berdasarkan jumlah suku yang dihitung. Dalam penelitian ini, deret Taylor diaplikasikan untuk mendekati fungsi reciprocal $f(v) = \frac{1}{v}$ yang menjadi inti perhitungan waktu tempuh. Implementasi algoritma dilakukan menggunakan MATLAB, sebuah perangkat lunak yang dikenal luas dalam pemrosesan numerik.

Artikel ini menyajikan pendekatan deret Taylor untuk perhitungan estimasi waktu tempuh berjalan kaki. Studi kasus diberikan untuk menunjukkan keefektifan metode ini, di mana hasil estimasi dibandingkan dengan perhitungan aktual. Selain itu, algoritma yang disusun dapat diadaptasi untuk

berbagai kebutuhan dalam konteks estimasi waktu perjalanan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menerapkan metode deret Taylor dalam menghitung estimasi waktu tempuh berjalan kaki, dengan fokus

pada hubungan antara jarak, kecepatan, dan waktu. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengembangkan algoritma berbasis MATLAB yang mampu melakukan perhitungan secara numerik dengan pendekatan efisien dan akurat. Selain itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi tingkat akurasi metode deret Taylor melalui studi kasus nyata, sehingga hasilnya dapat dijadikan sebagai referensi untuk aplikasi sederhana dalam perencanaan perjalanan atau pengembangan teknologi navigasi berbasis estimasi waktu.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Metode deret Taylor adalah suatu metode pendekatan yang menggunakan deret Taylor sebagai bentuk perbaikan nilai untuk nilai fungsi secara keseluruhan pada penyelesaian persamaan diferensial. Deret Taylor digunakan untuk menghampiri fungsi ke dalam bentuk polinom. Fungsi yang rumit menjadi sederhana dengan deret Taylor. Diberikan fungsi f dan semua turunannya, $f', f'', f''', \dots, f_n$ di dalam selang $[a, b]$. Misalkan $x_0 \in$ maka untuk nilai x di sekitar x_0 dan $x \in$ dapat diperluas (diekspansi) kedalam deret Taylor.[1]

Salah satu metode numerik yang paling sering digunakan dalam menghitung hampiran turunan suatu fungsi adalah metode beda hingga (finite difference). Pada metode ini domain suatu fungsi dipartisi atas sejumlah interval dalam rumus hampiran untuk turunan diperoleh dari suatu ekspansi deret Taylor. Berdasarkan letak lokasi titik partisi, metode beda hingga dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu beda maju (forward difference), beda mundur (backward difference), dan beda pusat (central difference).[2]

Matlab merupakan suatu lingkungan komputasi numerik dan bahasa pemrograman komputer generasi keempat yang sering sekali dimanfaatkan dalam menyelesaikan berbagai masalah dengan melibatkan

proses komputasi dalam berbagai bidang. MATLAB, bahasa pemrograman tingkat tinggi, menggunakan matriks sebagai dasar analisis dan perhitungan. MATLAB memungkinkan anda memanipulasi matriks, memplot fungsi dan data, mengimplementasikan algoritma, membuat antar muka pengguna, dan terhubung ke pemrograman dalam bahasa lain.[3]

Pada awal sejarah dan perkembangannya, matlab adalah antar muka untuk kumpulan rutinitas numerik proyek LINPACK dan EISPACK, yang dikembangkan menggunakan bahasa FORTRAN. Secara komersial, MATLAB adalah produk Mathworks, Inc. Dan kemudian dikembangkan menggunakan c++ dan bahasa assembly (terutama untuk dasar Matlab). MATLAB telah berkembang menjadi lingkungan pemrograman canggih yang mencakup fungsi bawaan untuk melakukan tugas pemrosesan sinyal, aljabar linear, dan perhitungan matematika lainnya.[3]

Penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa yang menggunakan teknologi seperti MATLAB memiliki pemahaman yang lebih mendalam dan mampu menyelesaikan masalah konvergensi dan divergensi dengan lebih baik dibandingkan mereka yang hanya menggunakan pendekatan manual. [4]

Metode numerik merupakan suatu teknik yang digunakan untuk memformulasikan masalah matematika sedemikian sehingga solusi dari permasalahan tersebut dapat ditemukan dengan menggunakan operasi aritmatika sederhana ataupun yang biasa, seperti operasi penjumlahan, pengurangan, perkalian dalam pembagian. Solusi yang diperoleh dengan menerapkan metode numerik untuk menemukan solusi dari masalah matematika biasanya disebut dengan solusi numerik atau solusi aproksimasi. Dengan pemahaman yang baik tentang metode numerik maka suatu bahasa pemrograman dapat dibuat pada komputer tanpa harus membeli suatu paket program yang ada pada software yang membutuhkan biaya besar.[5]

Pada berbagai disiplin ilmu, ada banyak masalah yang sulit dipecahkan dengan menggunakan metode analitik, yaitu suatu metode yang menggunakan formula aljabar ataupun rumus matematika yang sudah baku. Kebanyakan masalah matematika tingkat lanjut atau rumit sering kali dirasa tidak memiliki solusi, padahal sebenarnya masalah tersebut dapat dipecahkan menggunakan metode lain yang disebut metode numerik.[5] Oleh karena itu, pemahaman terhadap metode numerik sangat diperlukan untuk memecahkan berbagai permasalahan ataupun model matematika yang rumit.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan untuk memastikan penerapan metode deret Taylor dalam menghitung estimasi waktu tempuh berjalan kaki dapat dilakukan secara efektif. Tahap pertama adalah pengumpulan data, yang melibatkan

parameter utama yaitu jarak perjalanan (s) dalam kilometer dan kecepatan rata-rata (v) dalam kilometer per jam. Data ini diambil dari studi kasus nyata, seperti perjalanan mahasiswa ke kampus atau aktivitas harian lainnya. Untuk menghitung waktu tempuh, digunakan rumus dasar $t = \frac{s}{v}$, di mana t adalah waktu tempuh dalam jam, s adalah jarak, dan v adalah kecepatan. Fungsi invers $f(v) = \frac{1}{v}$ pada rumus ini menjadi fokus utama pendekatan menggunakan deret Taylor.

Pendekatan matematis dilakukan dengan menerapkan deret Taylor untuk mendekati fungsi invers $f(v)$. Rumus umum deret Taylor untuk fungsi $f(x)$ yang dikembangkan di sekitar titik x_0 adalah sebagai berikut:

$$f(x) \approx f(x_0) + f'(x_0)(x - x_0) + \frac{f''(x_0)}{2!}(x - x_0)^2 + \dots \quad (1)$$

Dalam penelitian ini, $f(x)$ didefinisikan sebagai $f(v) = \frac{1}{v}$, dengan turunan pertama $f'(v) = -\frac{1}{v^2}$ dan turunan kedua $f''(v) = \frac{2}{v^3}$. Dengan demikian, ekspansi deret Taylor untuk $f(v)$ hingga orde kedua menjadi:

$$f(v) \approx f(x_0) + f'(x_0)(v - x_0) + \frac{f''(x_0)}{2!}(v - x_0)^2 \quad (2)$$

Rumus ini digunakan untuk mendekati $f(v)$ pada kecepatan rata-rata v , dengan x_0 sebagai titik pengembangan yang dipilih dekat dengan nilai v untuk meminimalkan kesalahan aproksimasi.

Tahap berikutnya adalah implementasi algoritma perhitungan dalam MATLAB. Algoritma dirancang untuk menerima input berupa jarak (s) dan kecepatan (v), lalu menghitung nilai $f(x_0)$, $f'(x_0)$ dan $f''(x_0)$ berdasarkan titik pengembangan x_0 . Nilai-nilai ini kemudian digunakan untuk menghitung $f(v)$ menggunakan rumus deret Taylor, yang akhirnya dikalikan dengan jarak untuk mendapatkan estimasi waktu tempuh t . Berikut adalah implementasi kodingan yang dipakai pada MATLAB:

```
% Parameter Input
Jarak = 2; % dalam km
kecepatan = 4.2; % dalam km/jam
x0 = 4; % titik pengembangan Taylor

% Hitung Deret Taylor untuk Reciprocal 1/v
f_x0 = 1 / x0; % nilai fungsi di x0
f_prime_x0 = -1 / x0^2; % turunan pertama
f_double_prime_x0 = 2 / x0^3; % turunan kedua

% Aproksimasi f(v) menggunakan Deret Taylor hingga orde 2
f_v = f_x0 + f_prime_x0 * (kecepatan - x0) + ...
(f_double_prime_x0 * (kecepatan - x0)^2) / 2;

% Estimasi waktu tempuh
estimasi_waktu = Jarak * f_v; % dalam jam

% Output Hasil
fprintf('Estimasi waktu tempuh: %.2f jam (%.2f menit)\n', estimasi_waktu, estimasi_waktu * 60);
```

Gambar 1. Kodingan perhitungan waktu tempuh pada MATLAB

Tahap simulasi dilakukan untuk menguji algoritma pada berbagai skenario jarak dan kecepatan. Hasil estimasi waktu tempuh dibandingkan dengan perhitungan langsung menggunakan rumus $t = \frac{s}{v}$ untuk memvalidasi akurasi metode deret Taylor.

Kesalahan relatif antara hasil aproksimasi dan perhitungan langsung dianalisis untuk mengevaluasi efektivitas metode.

Setelah itu dilakukan pengumpulan data dengan cara membagikan kuesioner kepada subjek penelitian. Yaitu beberapa mahasiswa Universitas Negeri Medan, yang juga berasal dari berbagai program studi yang berbeda-beda juga. Setelah perolehan data, diperoleh beberapa informasi mengenai jarak antara tempat tinggal dari masing-masing subjek ke kampus. Jarak

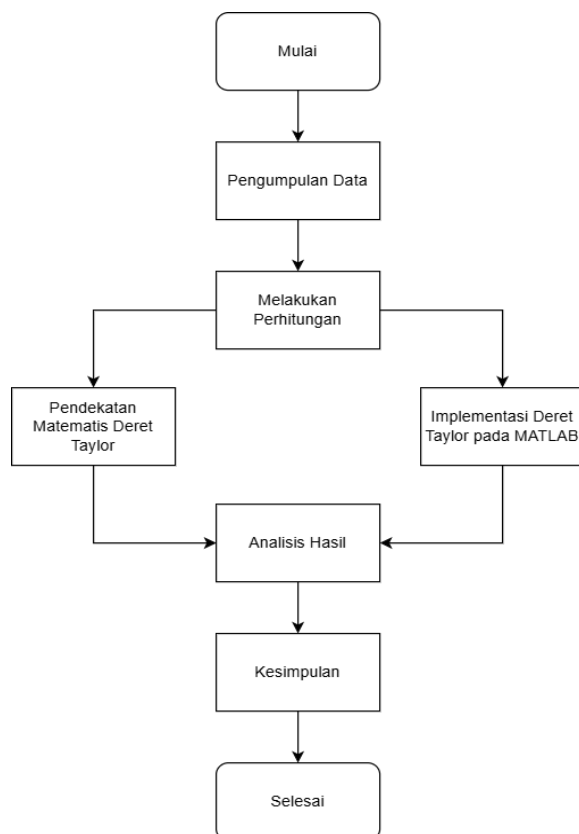
antara tempat tinggal subjek juga bervariasi dan berbeda-beda. Diperoleh juga informasi mengenai percepatan jalan normal manusia, yaitu sekitar 4km/jam.

Data mengenai respon dari pada subjek penelitian kemudian disajikan dalam format tabel, tentunya penyajian data dalam bentuk tabel bertujuan untuk memudahkan peneliti dalam memahami data. Tabel respon dari subjek dipaparkan sebagai berikut:

Tabel 1. Data Responden

No	Responden	Program Studi	Jarak tempat tinggal ke kampus
1	Responden 1	Ilmu Komputer	1,2 km
2	Responden 2	Pendidikan Kimia	0,95 km
3	Responden 3	Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia	0,5 km
4	Responden 4	Pendidikan Teknik Otomotif	0,3 km
5	Responden 5	Pendidikan Teknik Mesin	0,2 km

Berikut adalah alur penelitian yang digunakan:



Gambar 2. Flowchart alur penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah diperolehnya informasi dan data, dilakukan perhitungan manual yang nantinya akan dibandingkan dengan perhitungan pada aplikasi MATLAB. Perhitungan manual dimulai dengan pendefinisian rumus deret Taylor untuk $f(v)$ di sekitar titik v_0 .

$$f(v) \approx f(x_0) + f'(x_0)(v - x_0) + \frac{f''(x_0)}{2!}(v - x_0)^2 \quad (2)$$

Setelah itu menentukan turunan pertama dan turunan kedua dari fungsi:

$$f(v) = \frac{1}{v},$$

$$f''(v) = \frac{2}{v^3},$$

Substitusi percepatan $v_0 = 4\text{km/jam}$ pada turunan fungsi :

$$f(v_0) = \frac{1}{4} = 0.25,$$

$$f'(v_0) = -\frac{1}{4^2} = -\frac{1}{16} = -0,0625,$$

$$f''(v_0) = \frac{2}{4^3} = \frac{2}{64} = 0,03125.$$

Selanjutnya dilakukan substitusi nilai turunan pada deret Taylor hingga orde ke-2:

$$f(v) \approx f(x_0) + f'(x_0)(v - x_0) + \frac{f''(x_0)}{2!}(v - x_0)^2$$

$$f(v) \approx 0.25 - 0.0625(v - 4) + 0.15625(v - 4)^2$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk t (waktu tempuh) pada masing-masing data:

Data 1 ($s_1 = 1.2\text{km}$):

$$f(v) \approx 0.25 \text{ (karena } v = v_0)$$

$$t_1 = s_1 \cdot f(v) \approx 1,2 \cdot 0,25 = 0.3\text{jam}$$

$$t_1 = 0.3 \cdot 60 = 18 \text{ menit}$$

Data 2 ($s_2 = 0.95\text{km}$):

$$f(v) \approx 0.25$$

$$t_2 = s_2 \cdot f(v) \approx 0.95 \cdot 0,25 = 0.2375 \text{ jam}$$

$$t_2 = 0.2375 \cdot 60 = 14.25 \text{ menit}$$

Data 3 ($s_3 = 0.5\text{km}$):

$$f(v) \approx 0.25$$

$$t_3 = s_3 \cdot f(v) \approx 0.5 \cdot 0,25 = 0.125 \text{ jam}$$

$$t_3 = 0.125 \cdot 60 = 7.5 \text{ menit}$$

Data 4 ($s_4 = 0.3\text{km}$):

$$f(v) \approx 0.25$$

$$t_4 = s_4 \cdot f(v) \approx 0.3 \cdot 0,25 = 0.075 \text{ jam}$$

$$t_4 = 0.075 \cdot 60 = 4.5 \text{ menit}$$

Data 5 ($s_5 = 0,2\text{km}$):

$$f(v) \approx 0.25$$

$$t_5 = s_5 \cdot f(v) \approx 0,2 \cdot 0,25 = 0.005 \text{ jam}$$

$$t_5 = 0.005 \cdot 60 = 3 \text{ menit}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh informasi bahwa waktu tempuh yang

dibutuhkan oleh masing masing responden berbeda – beda, hal ini tentunya disebabkan karena jarak antara tempat tinggal ke kampus dari masing masing responden memiliki jarak yang berbeda - beda. Data tersebut akan disajikan dalam format tabel sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil perhitungan manual dan MATLAB

No	Responden	Jarak tempat tinggal ke kampus	Perhitungan Waktu tempuh dengan perhitungan manual	Perhitungan Waktu tempuh menggunakan MATLAB
1	Responden 1	1,2 km	18 menit	18 menit
2	Responden 2	0,95 km	14,25 menit	14,25 menit
3	Responden 3	0,5 km	7,5 menit	7,5 menit
4	Responden 4	0,3 km	4,5 menit	4,5 menit
5	Responden 5	0,2 km	3 menit	3 menit

Berdasarkan informasi pada tabel diatas dapat dipaparkan data dari masing-masing responden sebagai berikut :

- Responden 1, mahasiswa Program Studi Ilmu Komputer, tinggal sejauh 1,2 km dari kampus. Membutuhkan waktu tempuh sebesar 18 menit untuk mencapai kampus.
- Responden 2, mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia, memiliki jarak tempat tinggal yaitu 0,95 km. Ia memerlukan waktu tempuh selama 14,25 menit.
- Responden 3, mahasiswa Program Studi Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia, tinggal pada jarak 0,5 km dari kampus. Ia membutuhkan waktu tempuh sekitar 7,5 menit.
- Responden 4, mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif, tinggal pada jarak 0,3 km dari kampus. Ia membutuhkan waktu sekitar 4,5 menit untuk sampai ke kampus.
- Responden 5, mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, memiliki jarak tempat tinggal paling dekat ke kampus, yaitu 0,2 km. Waktu tempuh yang dibutuhkan adalah 3 menit.

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa waktu tempuh yang dihitung menggunakan metode manual dan MATLAB memberikan hasil yang identik karena sama-sama menggunakan deret Taylor berorde 2. Beberapa poin penting dari hasil ini adalah:

- Perhitungan manual, yang dilakukan berdasarkan estimasi dan aturan rata-rata kecepatan, terbukti akurat ketika dibandingkan dengan perhitungan MATLAB.
- Perangkat lunak MATLAB, yang dikenal karena kemampuannya dalam analisis data dan perhitungan matematis, memberikan hasil yang konsisten dengan metode manual.
- Konsistensi hasil dari kedua metode menunjukkan bahwa data yang digunakan dalam penelitian ini stabil dan bebas dari anomali yang signifikan.
- Penggunaan MATLAB dapat meningkatkan efisiensi proses perhitungan, terutama untuk data

yang lebih besar atau lebih kompleks, dibandingkan dengan perhitungan manual.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode Deret Taylor terbukti mampu memberikan hasil estimasi waktu tempuh yang akurat baik melalui perhitungan manual maupun implementasi menggunakan MATLAB. Kedua metode menghasilkan hasil yang identik, menunjukkan bahwa pendekatan matematis menggunakan Deret Taylor dapat diandalkan untuk estimasi waktu perjalanan. Penggunaan MATLAB memberikan keuntungan efisiensi perhitungan, terutama untuk dataset yang lebih besar dan kompleks. Tentunya penelitian ini dapat dilanjutkan dengan memperluas jumlah responden dan variasi jarak tempuh untuk melihat apakah hasil yang sama dapat diperoleh dalam skala yang lebih besar. Selain itu, penelitian lanjutan dapat mengeksplorasi penggunaan perangkat lunak lain untuk perbandingan yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pandia, W., dan Sitepu, I., “Penentuan Galat Persamaan Diferensial Biasa Orde 1 Dengan Metode Numerik” Jurnal Mutiara Pendidikan Indonesia., vol.6, pp. 31-37, Juli 2021.
- [2] Putra, I. F., Syafwan, M., Heelmi, M. R., dan Nazra, A “Beda Maju Dan Beda Mundur Untuk Turunan Ke-N Dengan Orde Ketelitian Ke-N Berdasarkan Deret Taylor” Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika Dan Statistika., vol. 4, pp. 1675-1686, Desember 2023
- [3] Ginting, M. E., Hasibuan, E. S. H., Danil, D. R., Friskauly, N. D., dan Hulu, W. W. “Penyelesaian Masalah Limit Fungsi Dengan Menggunakan Software MATLAB (Matrix Laboratory)” Algoritma: Jurnal Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam, Kebumihan Dan Angkasa., vol. 2, pp. 34-47, November 2024.
- [4] Angin, C. B. P., Tambunan, C. P., Lubis, R. H. A., Siregar, U. M., dan Piliang, Y. K. A. “Analisis Kemampuan Mahasiswa Matematika FMIPA Unimed Dalam Menyelesaikan

- Permasalahan Kovergensi Dan Divergensi Barisan Bilangan Real Dengan Berbatuan Software MATLAB” Algoritma: Jurnal Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam, Kebumian Dan Angkasa., vol. 2, pp. 76-86, November 2024.
- [5] Rozi, S., dan Rarasati, N “Template Metode Numerik Pada Excel Untuk Menemukan Solusi Dan Pwesamaan Nonlinear Axiom” Jurnal Pendidikan Dan Matematika., vol. 11, pp. 33-47, Desember 2022.
- [6] Farida, A., dan Supriharitiningih, S. “Efektivitas Model Pembelajaran Project Baset Learning Pada Mata Kuliah Metode Numerik” Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah., vol. 20, pp. 1-8, Mei 2022.
- [7] Purwati, N., K., R., dan Erawati, N., K. "Pengembangan Buku Ajar Metode Numerik Berbasis Pembelajaran Kolaboratif" Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika., vol. 10, pp.37-48 Januari 2021.
- [8] Sianturi, A. C., Tarigan, B. S. B., Purba, T. Y., dan Sihombing, V. A. B. “Implementasi Metode Eurl Untuk Penyelesaian Persamaan Deferensial Pada Dinamika Populasi” Katalis Pendidikan: Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Matematika., vol. 1, pp. 36-44, Oktober 2024.
- [9] Simangunsong, S. “Implementatation Of Small Term Reduction In Taylor Series In Analytical Physics Problem” Kasuari: Physics Education Jounal (KPEJ)., vol. 7, pp. 206-215, Juni 2024.
- [10] Talia, A., Amgelica, A., Tumanggar, A. A., Hasibuan., F., Sinaga, R. K., dan Sigalingging, O. H. “Implementasi Motode Numerik Dan Simbolik Dengan Phytion Untuk Penentuan Nilai Limit Fungsi” Pentagon: Jurnal Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, vol. 2, pp. 45-53, Oktober 2024