

Optimalisasi Titik pada Kuadratur Gauss-Legendre dalam Evaluasi Akurasi Integral Numerik Berbasis Maple

Diyah Ayu Istiqomah*, Ari Wibowo

Tadris Matematika, Universitas Islam Negeri Raden Mas Said, Surakarta, Indonesia

*Corresponding Author: diyahai225@gmail.com

Dikirim: 26-05-2025; Direvisi: 27-06-2025; Diterima: 30-06-2025

Abstrak: Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental untuk mengkaji pengaruh variasi jumlah titik kuadratur Gauss-Legendre terhadap akurasi hasil integral numerik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sejauh mana perubahan jumlah titik kuadratur memengaruhi ketelitian hasil integral numerik, dengan memanfaatkan perangkat lunak Maple sebagai alat bantu dalam proses perhitungan dan analisis. Fungsi yang digunakan adalah fungsi eksponensial yang memiliki solusi integral eksak sebagai pembanding. Metode kuadratur Gauss-Legendre dipilih karena kemampuannya meminimalkan galat melalui pemilihan titik evaluasi dan bobot secara optimal. Penelitian ini menguji integral numerik dengan jumlah titik kuadratur yang bervariasi, mulai dari 2 hingga 6 titik. Langkah-langkah penelitian meliputi pendefinisian fungsi, transformasi variabel, perhitungan titik dan bobot Gauss-Legendre, serta perhitungan integral numerik dan eksak untuk masing-masing variasi titik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah titik yang digunakan, semakin kecil galat yang dihasilkan, baik dalam galat absolut maupun relatif. Dengan menggunakan enam titik, hasil integral numerik hampir identik dengan nilai eksaknya, dengan galat relatif mendekati nol. Penelitian ini menyimpulkan bahwa metode Gauss-Legendre efektif dan efisien dalam menghitung integral fungsi kompleks secara numerik. Jumlah titik optimal berada pada kisaran 4 hingga 6 titik untuk mencapai keseimbangan antara akurasi dan efisiensi komputasi.

Kata Kunci: Akurasi Integral Numerik; Gauss-Legendre; Kuadratur; Maple

Abstract: This study employs a quantitative experimental approach to examine the effect of varying the number of Gauss-Legendre quadrature points on the accuracy of numerical integration results. The objective of this research is to evaluate the extent to which changes in the number of quadrature points influence the precision of numerical integration, utilizing Maple software as a computational and analytical tool. The function used is an exponential function with an exact integral solution as a reference. The Gauss-Legendre quadrature method was chosen due to its ability to minimize error through the optimal selection of evaluation points and weights. This study investigates numerical integration using a range of 2 to 6 quadrature points. The research steps include function definition, variable transformation, calculation of Gauss-Legendre points and weights, and the computation of both numerical and exact integrals for each variation in point number. The results indicate that increasing the number of points leads to a decrease in error, both in absolute and relative terms. With six points, the numerical integration result is nearly identical to the exact value, with the relative error approaching zero. This study concludes that the Gauss-Legendre method is effective and efficient for numerically integrating complex functions. The optimal number of points lies within the range of 4 to 6 to achieve a balance between accuracy and computational efficiency.

Keywords: Numerical Integration Accuracy; Gauss-Legendre; Quadrature; Maple

PENDAHULUAN

Integral adalah salah satu konsep dasar dalam kalkulus yang memiliki peranan penting dalam banyak aplikasi matematika dan sains terapan (Neldiana & Harisman, 2025). Dalam penerapannya, integral digunakan untuk menghitung berbagai hal seperti luas di bawah grafik fungsi, volume objek tiga dimensi, panjang lintasan, serta total perubahan dalam suatu sistem. Di berbagai bidang seperti teknik, fisika, dan ekonomi, integral digunakan untuk memodelkan fenomena seperti pergerakan fluida, perubahan energi, dan perkembangan ekonomi (Allolayuk et al., 2023). Namun, sering kali fungsi yang dihadapi tidak memiliki antiturunan yang dapat dihitung secara analitik, sehingga memerlukan pendekatan lain untuk menghitung nilai integralnya (Ermawati et al., 2017).

Ketika solusi analitik tidak memungkinkan, metode numerik menjadi pilihan utama untuk mendekati hasil integral. Metode numerik menggunakan pendekatan diskret, di mana nilai integral dihitung dengan menjumlahkan hasil evaluasi fungsi pada beberapa titik tertentu dalam interval (Tukan et al., 2024). Salah satu teknik numerik yang umum diterapkan adalah metode kuadratur, yang memungkinkan perhitungan integral dilakukan melalui penjumlahan berbobot berdasarkan titik evaluasi yang dipilih (Pasca Nugraha, 2011). Walaupun prinsip dasar metode ini sederhana, keberhasilan metode kuadratur sangat tergantung pada pemilihan titik dan bobot evaluasi yang tepat (Aswin, 2008).

Metode kuadratur Gauss-Legendre adalah salah satu metode yang sangat efisien untuk menghitung integral secara numerik (Kannatasik et al., 2017). Metode ini menggunakan titik-titik evaluasi yang diperoleh dari akar-akar polinomial Legendre, yang disertai dengan bobot khusus untuk meningkatkan akurasi estimasi integral (Hidayatullah & Hariastuti, 2017). Tidak seperti metode lain, seperti trapezoid atau Simpson, yang menggunakan titik evaluasi dengan distribusi yang merata, Gauss-Legendre memilih titik evaluasi secara tidak merata untuk meminimalkan galat, sehingga menghasilkan perhitungan yang lebih akurat meskipun dengan jumlah titik yang lebih sedikit. Hal ini menjadikan metode ini sangat berguna untuk mengintegrasikan fungsi yang kompleks (Darmawan, 2016). Mengingat pentingnya akurasi dalam perhitungan integral fungsi kompleks, maka dibutuhkan penelitian yang mampu memberikan pemahaman mendalam terhadap efektivitas metode ini berdasarkan variasi jumlah titik kuadratur.

Dalam menilai hasil dari perhitungan integral secara numerik, aspek utama yang perlu diperhatikan adalah tingkat akurasi, yang mencakup dua komponen penting yaitu galat absolut dan galat relatif (Zein et al., 2022). Pengukuran akurasi ini memiliki peran krusial dalam menilai sejauh mana efektivitas metode kuadratur yang digunakan. Dengan menganalisis keterkaitan antara jumlah titik kuadratur dan besarnya galat yang dihasilkan, dapat ditentukan jumlah titik yang paling optimal untuk menghasilkan hasil integral yang akurat dan efisien secara komputasi (Gabriella, 2015). Meningkatnya kebutuhan terhadap metode komputasi numerik yang tidak hanya akurat tetapi juga efisien secara waktu, terutama dalam aplikasi yang menuntut perhitungan presisi tinggi (Hoyali et al, 2024).

Maple adalah perangkat lunak komputasi yang sangat bermanfaat dalam perhitungan integral, baik dalam bentuk simbolik maupun numerik (Yuana, 2010). Maple memungkinkan pengguna untuk menerapkan metode Gauss-Legendre dengan berbagai jumlah titik kuadratur dan mengevaluasi dampaknya terhadap hasil integral



secara langsung (Rakhmawati & Astuti, 2022). Fitur-fitur canggih dalam Maple juga mempermudah analisis galat dan visualisasi hasil, sehingga pengguna dapat dengan mudah melihat pengaruh jumlah titik terhadap akurasi perhitungan, serta membuat keputusan yang lebih tepat dalam penelitian atau aplikasi praktis (Nabillah et al., 2023).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi jumlah titik kuadratur Gauss-Legendre terhadap hasil integral numerik, dengan menggunakan perangkat lunak Maple sebagai alat bantu. Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk menemukan jumlah titik optimal yang memberikan akurasi tinggi tanpa membebani komputasi secara berlebihan. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam bidang komputasi numerik dan memberikan panduan praktis dalam penerapan metode Gauss-Legendre untuk menyelesaikan perhitungan integral yang tidak dapat dilakukan secara analitik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental untuk mengevaluasi pengaruh jumlah titik kuadratur Gauss-Legendre terhadap akurasi integral numerik, yang dilaksanakan pada bulan Mei 2025. Fungsi matematika yang digunakan adalah eksponensial yang memiliki solusi integral eksak. Kedua fungsi tersebut akan dihitung nilai integralnya dan disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Fungsi Eksponensial

No.	Fungsi
$f_1(x)$	$f(x) = \frac{(x^2 + 2x)e^{x^2}}{e^x - x}$
$f_2(x)$	$f(x) = \frac{1}{e^{\sqrt{2x^2 - 4x + 9}}}$

Setiap fungsi dihitung nilai integralnya menggunakan metode Gauss-Legendre dengan variasi jumlah titik, dibantu perangkat lunak Maple, sesuai dengan Persamaan (1), sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Metode Gauss-Legendre n-titik (Mulyono & Suryana, 2022).

$$\int_{-1}^1 f(x) dt \approx c_1 f(x_1) + c_2 f(x_2) + \dots + c_n f(x_n) \quad (1)$$

n	Faktor bobot	Argumen Fungsi
2	$c_1 = 1.000000000$	$x_1 = -0.577350269$
	$c_2 = 1.000000000$	$x_2 = 0.577350269$
3	$c_1 = 0.555555556$	$x_1 = -0.774596669$
	$c_2 = 0.888888889$	$x_2 = 0$
	$c_3 = 0.555555556$	$x_3 = 0.774596669$
4	$c_1 = 0.347854845$	$x_1 = -0.861136312$
	$c_2 = 0.652145155$	$x_2 = -0.339981044$
	$c_3 = 0.652145155$	$x_3 = 0.339981044$
	$c_4 = 0.347854845$	$x_4 = 0.861136312$
5	$c_1 = 0.236926885$	$x_1 = -0.906179846$
	$c_2 = 0.478628670$	$x_2 = -0.538469310$
	$c_3 = 0.568888889$	$x_3 = 0$
	$c_4 = 0.478628670$	$x_4 = 0.538469310$
	$c_5 = 0.236926885$	$x_5 = 0.906179846$

6	$c_1 = 0.171324492379170$	$x_1 = -0.932469514203152$
	$c_2 = 0.360761573048139$	$x_2 = -0.661209386466265$
	$c_3 = 0.467913934572691$	$x_3 = -0.238619186083197$
	$c_4 = 0.467913934572691$	$x_4 = 0.238619186083197$
	$c_5 = 0.360761573048139$	$x_5 = 0.661209386466265$
	$c_6 = 0.171324492379170$	$x_6 = 0.932469514203152$

Penelitian ini dimulai dengan menentukan fungsi eksponensial yang memiliki nilai integral eksak serta batas-batas integrasinya. Kemudian dilakukan transformasi variabel agar integral berada pada interval standar $[-1,1]$ sesuai dengan metode kuadratur Gauss-Legendre. Setelah itu, ditentukan titik-titik dan bobot-bobot Gauss-Legendre untuk jumlah titik yang divariasikan, yaitu 2 hingga 6 titik. Perhitungan integral numerik dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Maple 2023. Nilai hasil integral numerik tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai eksak yang dihitung menggunakan perintah *evalf(Int(...))* pada Maple 2023. Selanjutnya, dihitung galat absolut dan galat relatif untuk setiap variasi jumlah titik guna menilai tingkat akurasi. Hasil perhitungan dianalisis untuk mengetahui pengaruh jumlah titik terhadap akurasi dan menentukan jumlah titik optimal yang memberikan hasil paling mendekati nilai eksak dengan efisiensi komputasi yang baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Temuan penelitian mengindikasikan bahwa metode kuadratur Gauss-Legendre mampu menghasilkan estimasi integral dari fungsi eksponensial yang dimodifikasi dengan tingkat ketelitian yang tinggi dan mendekati nilai eksaknya.

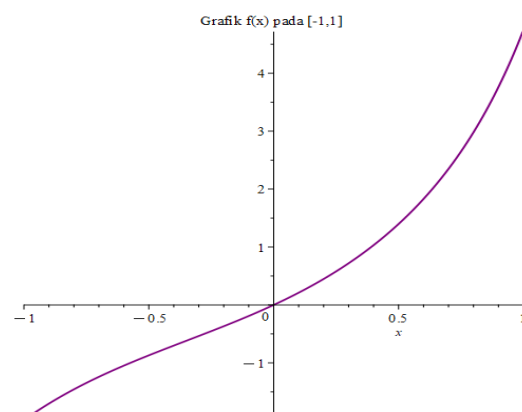
Nilai Eksak pada Integrasi Fungsi Eksponensial beserta Grafiknya

Kedua buah fungsi pada Tabel 1 akan ditentukan nilai eksaknya, hasil integrasi pada Tabel 3 didapatkan dari output yang keluar dari Maple 2023.

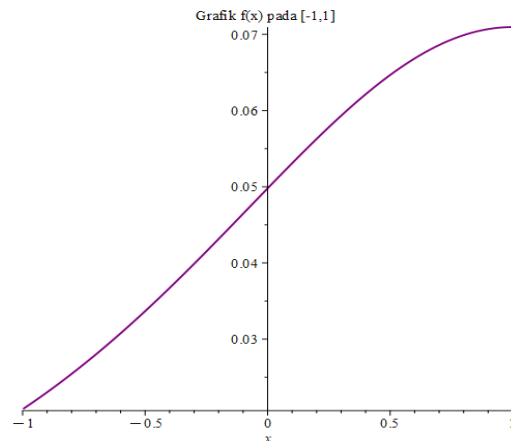
Tabel 3. Nilai Eksak Integrasi Fungsi

Fungsi	Nilai Eksak	Grafik
--------	-------------	--------

$f_1(x)$ 0.7923101805



$$f_2(x) \quad 0.09744244257$$



Tabel 3 memperlihatkan nilai eksak hasil integrasi dari dua fungsi yang berbeda, yaitu $f_1(x)$ dan $f_2(x)$, pada interval $[-1,1]$. Nilai eksak tersebut diperoleh melalui metode integrasi analitik untuk menentukan secara tepat luas daerah di bawah kurva masing-masing fungsi. Selain itu, grafik dari masing-masing fungsi disertakan guna memberikan ilustrasi visual mengenai bentuk kurva yang dianalisis. Berdasarkan hasil integrasi, diperoleh bahwa nilai eksak dari fungsi $f_1(x)$ adalah 0.7923101805, sedangkan nilai eksak dari fungsi $f_2(x)$ adalah 0.09744244257. Selisih nilai ini menunjukkan bahwa fungsi $f_1(x)$ memiliki laju perubahan yang lebih besar dibandingkan fungsi $f_2(x)$ dalam interval yang sama.

Nilai Integrasi Numerik

Pada tabel berikut ini, disajikan hasil perhitungan akurasi metode numerik untuk dua fungsi dengan variasi jumlah titik evaluasi.

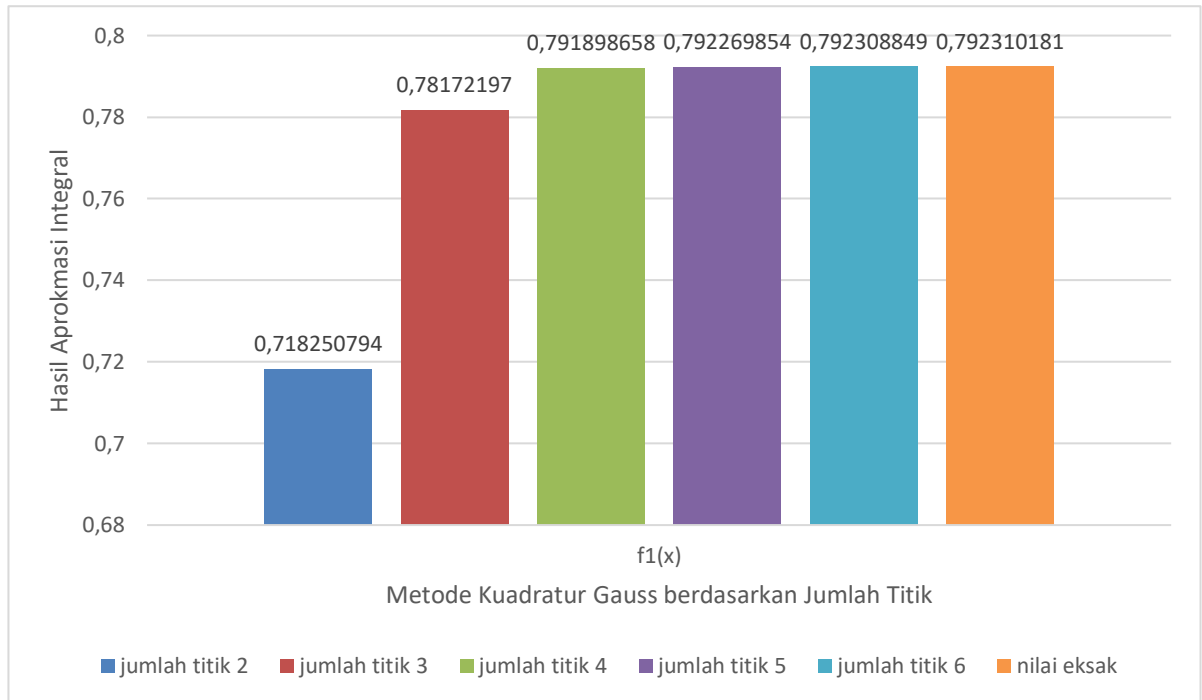
Tabel 4. Hasil variasi jumlah titik evaluasi pada dua fungsi

Jumlah Titik	$f_1(x)$	$f_2(x)$
2	0.7182507940	0.09778493065
3	0.7817219700	0.09741323025
4	0.7918986580	0.09744355695
5	0.7922698535	0.09744243270
6	0.7923088485	0.09744244100

Perbandingan integrasi numerik pada $f_1(x)$ dengan nilai eksak berdasarkan Tabel 4. Dapat disajikan dalam grafik pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1, kita dapat melihat perbandingan nilai fungsi $f_1(x)$ berdasarkan jumlah titik yang digunakan, mulai dari 2 hingga 6 titik, serta nilai eksak sebagai pembanding. Nilai $f_1(x)$ dengan 2 titik memiliki nilai paling rendah yaitu sekitar 0,7183, dan nilai tersebut meningkat secara bertahap dengan bertambahnya jumlah titik. Pada 3 titik, nilai naik menjadi sekitar 0,7817, kemudian pada 4 titik sekitar 0,7919, pada 5 titik sekitar 0,7927, dan pada 6 titik sekitar 0,7927. Terlihat bahwa semakin banyak titik yang digunakan, nilai $f_1(x)$ semakin mendekati nilai eksak yang juga berada di sekitar 0,7923.

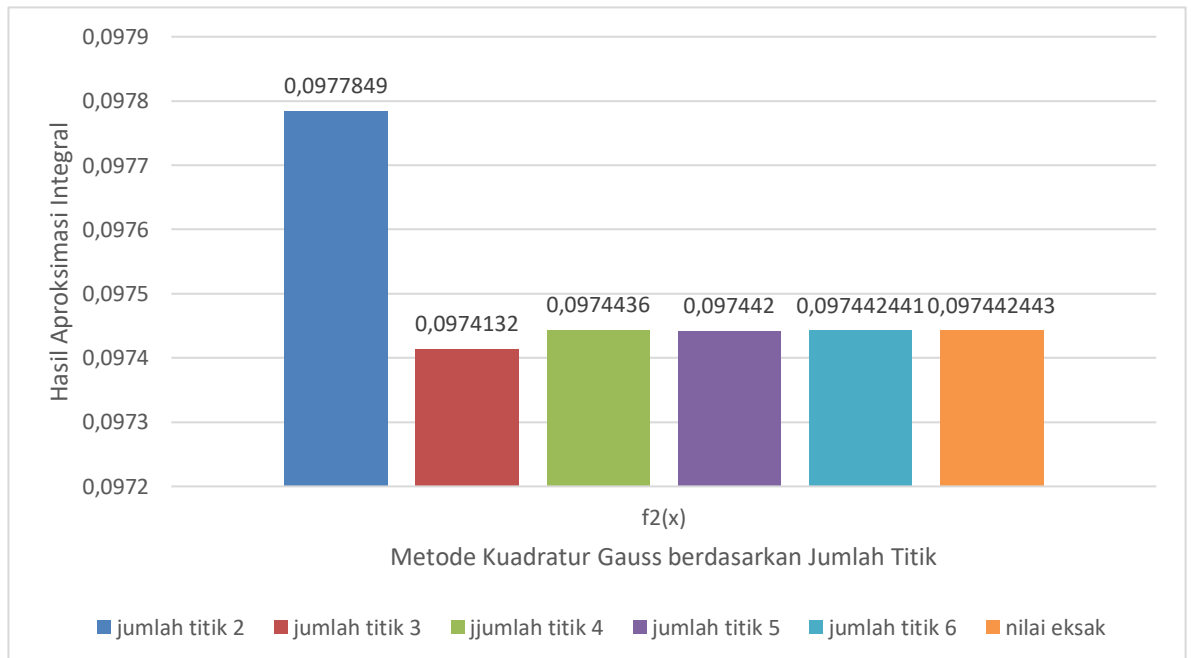
Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan jumlah titik yang lebih banyak dalam proses perhitungan dapat menghasilkan estimasi yang lebih akurat mendekati nilai eksak. Nilai fungsi yang dihitung dengan 5 dan 6 titik sudah sangat dekat dengan nilai eksak, yang mengindikasikan konvergensi hasil perhitungan. Dengan demikian, diagram ini mengilustrasikan bagaimana peningkatan jumlah titik dapat

meningkatkan presisi hasil dalam metode numerik yang digunakan untuk menghitung $f_1(x)$.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Integrasi Numerik dan Nilai Eksak pada $f_1(x)$.

Perbandingan integrasi numerik pada $f_2(x)$ dengan nilai eksak berdasarkan Tabel 4. Dapat disajikan dalam grafik pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Integrasi Numerik dan Nilai Eksak pada $f_2(x)$.

Berdasarkan Gambar 2, menunjukkan hasil pendekatan integral fungsi $f_2(x)$ menggunakan metode kuadratur Gauss-Legendre dengan jumlah titik yang berbeda, yaitu dari 2 hingga 6 titik, serta dibandingkan dengan nilai eksak. Terlihat

bahwa hasil pendekatan dengan 2 titik memiliki nilai yang paling jauh dari nilai eksak, yaitu sebesar 0,0977849. Nilai ini menunjukkan deviasi yang cukup besar dibandingkan dengan nilai eksak. Namun, ketika jumlah titik ditambah menjadi 3 hingga 6, hasil pendekatan semakin mendekati nilai eksak, yang tercatat sebesar 0,097442443.

Peningkatan jumlah titik dari 3 ke 6 menghasilkan perubahan nilai yang sangat kecil, bahkan hampir konstan, menunjukkan bahwa pendekatan integral menjadi semakin stabil dan akurat. Misalnya, hasil dengan 5 titik dan 6 titik masing-masing adalah 0,097442441 dan 0,097442443, yang sangat mendekati nilai eksak. Dari diagram ini dapat disimpulkan bahwa metode kuadratur Gauss-Legendre dengan titik lebih banyak cenderung menghasilkan estimasi integral yang lebih presisi, namun setelah titik tertentu (dalam hal ini titik ke-4 ke atas), peningkatan akurasi menjadi sangat kecil, menunjukkan adanya efisiensi dalam pemilihan jumlah titik untuk menghitung integral numerik.

Perbandingan Variasi Jumlah Titik Evaluasi

Untuk mengevaluasi kinerja kedua metode, parameter yang digunakan sebagai pembanding adalah tingkat akurasi yang ditinjau melalui galat absolut dan galat relatif.

Tabel 5. Nilai Galat Absolut Masing – Masing Variasi Jumlah Titik Evaluasi

Jumlah Titik	$f_1(x)$	$f_2(x)$	Rata-rata
2	-0.0740593865	0.00034248808	-0.0368584542
3	-0.0105882105	-0.00002921232	-0.0053087114
4	-0.0004115225	0.00000111438	-0.0002052041
5	-0.0000403270	-0.00000000987	-0.0000201684
6	-0.0000013320	-0.00000000157	-0.0000006668

Tabel 6. Nilai Galat Relatif Masing – Masing Variasi Jumlah Titik Evaluasi

Jumlah Titik	$f_1(x)$	$f_2(x)$	Rata-rata
2	-0.09347271854	0.003514773142	-0.044979972694
3	-0.01336371886	-0.0002997905146	-0.0068317546873
4	-0.0005193956990	0.00001143628968	-0.00025397970466
5	-0.00005089799550	-0.0000001012905644	-0.00002549964352
6	-0.000001681159769	-0.00000001611207559	-0.0000008486359228

Pembahasan

Penerapan metode kuadratur Gauss-Legendre menunjukkan peningkatan ketelitian perhitungan integral numerik seiring dengan bertambahnya jumlah titik evaluasi. Berdasarkan data Tabel 4, pada fungsi pertama nilai integral meningkat dari 0,7182507940 saat menggunakan dua titik menjadi 0,7923088485 saat enam titik digunakan, mendekati nilai eksak 0,7923101805. Pada fungsi kedua, pola yang sama juga terjadi, di mana hasil integral berubah dari 0,09778493065 menjadi 0,09744244100, sangat dekat dengan nilai eksaknya yaitu 0,09744244257.

Gambaran visual yang diperoleh dari Gambar 1 dan 2 semakin menguatkan temuan ini. Grafik tersebut memperlihatkan bahwa garis hasil integral numerik semakin mendekati garis nilai eksak seiring dengan peningkatan jumlah titik. Hal ini menandakan bahwa semakin banyak titik evaluasi yang digunakan, semakin presisi pendekatan integral yang dihasilkan, dan metode Gauss-Legendre terbukti memiliki tingkat konvergensi yang tinggi terhadap nilai eksak.

Penurunan galat absolut juga tampak jelas pada data Tabel 5. Misalnya, pada fungsi pertama, galat absolut yang semula $-0,0740593865$ dengan dua titik, menurun drastis hingga mencapai $-0,0000013320$ pada penggunaan enam titik. Ini menunjukkan bahwa hasil pendekatan numerik menjadi semakin akurat dan mendekati nilai eksak ketika titik evaluasi ditambah.

Penurunan galat tidak hanya terjadi secara absolut, tetapi juga secara relatif, seperti yang tercantum dalam Tabel 6. Galat relatif rata-rata berkurang dari sekitar $-4,49\%$ saat dua titik digunakan menjadi kurang dari $-0,0001\%$ saat menggunakan enam titik. Penurunan galat ini mencerminkan perbaikan signifikan dalam akurasi perhitungan, menjadikan metode ini sangat andal untuk evaluasi integral secara numerik. Hal ini diperkuat oleh Prasetya, (2016) yang dalam studi komparatifnya menunjukkan bahwa metode Gauss-Legendre menghasilkan kesalahan paling kecil dibandingkan metode numerik lainnya, seperti trapesium.

Selain akurasi yang meningkat, efisiensi komputasi juga tetap terjaga meskipun jumlah titik evaluasi ditambah. Hal ini sangat penting dalam konteks penggunaan perangkat lunak seperti Maple, karena memungkinkan penyelesaian perhitungan integral untuk fungsi kompleks tanpa beban komputasi yang berat. Dengan kata lain, metode ini tidak hanya akurat, tetapi juga efisien dari segi waktu dan sumber daya.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa metode Gauss-Legendre adalah pendekatan numerik yang sangat tepat untuk menghitung integral, terutama pada fungsi yang tidak memiliki antiturunan analitik. Bertambahnya jumlah titik evaluasi memberikan hasil yang lebih akurat dengan galat yang semakin kecil. Oleh karena itu, metode ini direkomendasikan dalam penerapan praktis maupun penelitian di bidang komputasi matematika.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode kuadratur Gauss-Legendre efektif dalam menghitung integral numerik, khususnya untuk fungsi eksponensial yang tidak dapat diintegrasikan secara analitik. Hasil integrasi numerik menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah titik evaluasi yang digunakan, semakin tinggi tingkat akurasi yang dicapai. Hal ini terlihat dari penurunan signifikan nilai galat absolut dan galat relatif seiring bertambahnya titik kuadratur dari 2 hingga 6.

Dengan bantuan perangkat lunak Maple, proses perhitungan dan evaluasi akurasi dapat dilakukan secara efisien dan akurat. Pada titik ke-6, nilai hasil integrasi numerik hampir identik dengan nilai eksak, dengan galat relatif mendekati nol. Temuan ini menegaskan bahwa metode Gauss-Legendre dapat diandalkan sebagai pendekatan numerik dalam menyelesaikan integral kompleks dengan efisiensi komputasi yang tinggi. Secara praktis, penggunaan 4 hingga 6 titik kuadratur dapat dianggap optimal karena memberikan keseimbangan antara ketelitian hasil dan efisiensi proses. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi akademisi maupun praktisi dalam memilih metode numerik yang tepat untuk evaluasi integral dalam berbagai bidang aplikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Allolayuk, S., Tjenemundan, D., & Ch Fentar, Y. (2023). Analisis Kesulitan Belajar Mahasiswa dalam Menerapkan Integral untuk Menghitung Luas Daerah. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(2), 4857–4865.
- Aswin, M. (2008). Penggunaan Metode Awin Pada Integrasi Numerik. *Journal of Sistem Teknik Industri*, 2008, 9 (1), p.68, Indonesia, 9(1).
- Darmawan, R. N. (2016). Perbandingan Metode Gauss- Legendre, Gauss-Lobatto, dan Gauss-Kronrod pada Integrasi Numerik Fungsi Eksponensial. *JMPM: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 1(2), 99. <https://doi.org/10.26594/jmpm.v1i2.596>
- Ermawatii, Rahayuii, P., & Zuhairohi, F. (2017). Perbandingan Solusi Numerik Integral Lipat Dua pada Fungsi Aljabar dengan Metode Romberg dan Simulasi Monte Carlo. *Jurnal Msa*, 5(1), 46–57.
- Gabriella, I. (2015). Perbandingan Metode Gauss-Legendre dan Radau pada Integrasi Numerik. *Jurnal Matematika Universitas Jember*, 1–63.
- Hidayatullah, & Hariastuti, R. M. (2017). *Interpolasi Polinomial Legendre*. 1(2), 12–21.
- Hoyali, L., Mahsup, M., Abdillah, A., & ... (2024). Aplikasi Metode Elemen Hingga untuk Penyelesaian Persamaan Diferensial Parsial dalam Rekayasa Struktur dan Material. *Seminar Nasional ...*, 4, 293–304. <https://journal.ummat.ac.id/index.php/fkip/article/view/25649%0Ahttps://journal.ummat.ac.id/index.php/fkip/article/download/25649/pdf>
- Kannatasik, A. T., Fatmawati, E., & Fajrin, N. A. (2017). *Integrasi Numerik (Kuadratur Gauss)*. 14144100064, 1–23.
- Mulyono, & Suryana, M. E. (2022). Evaluasi Metode Kuadratur Gauss, Suatu Metode untuk Menghitung Integral Tertentu Secara Numerik. *Prosiding Sains Nasional dan Teknologi*, 12(1), 369. <https://doi.org/10.36499/psnst.v12i1.7057>
- Nabillah, F., Sulistyono, E., & Aprilla Handayani, V. (2023). Pelatihan Penggunaan Aplikasi MAPLE Sebagai Media Pembelajaran Matematika. *Jurnal SOLMA*, 12(2), 415–424. <https://doi.org/10.22236/solma.v12i2.11236>
- Neldiana, R., & Harisman, Y. (2025). *Peranan Integral dan Diferensial Terhadap Kalkulus*. 09, 273–283.
- Pasca Nugraha. (2011). *Perbandingan Metode Kuadratur Gauss-Legendre dengan Metode Kuadratur Clenshaw-Curtis untuk Mencari Solusi Permasalahan Integral*.
- Prasetia, A. (2016). Performansi Metode Trapesium Dan Metode Gauss-Legendre Dalam Penyelesaian Integral Tertentu Berbantuan Matlab. *Jurnal Mercumatika*, 1(1), 1–12.
- Rakhmawati, D., & Astuti, T. (2022). Pelatihan Penggunaan Software Maple untuk Menyelesaikan Permasalahan Sehari- hari dalam Pengaplikasian Teori



Matematika bagi Mahasiswa. *Jurnal Abdimas Komunikasi dan Bahasa*, 2(2), 58–65. <https://doi.org/10.31294/abdikom.v2i2.1796>

Tukan, H., Maure, O. P., & Ina, K. T. D. (2024). Analisis Keakuratan Metode Numerik Dalam Menyelesaikan Turunan Persamaan Nonlinier. *Leibniz: Jurnal Matematika*, 4(2), 10–22. <https://doi.org/10.59632/leibniz.v4i02.446>

Zein, E. D. K., Rasimeng, S., & Dani, I. (2022). Validasi Pengaruh Jumlah Partisi dalam Perhitungan Metode Integrasi Numerik Terhadap Tingkat Akurasi dan Galat Menggunakan Matlab (Studi Kasus: Riemann Kiri dan Aturan Trapezium). 4(1).