



## **Analisis Kesulitan Belajar Mahasiswa Dalam Mempelajari Integral Garis Pada Mata Kuliah Kalkulus Vektor**

### ***Analysis of Students' Learning Difficulties in Learning Line Integrals in Vector Calculus Course***

**Suci Dahlya Narpila<sup>1\*</sup>, Damayanti Gultom<sup>2</sup>, Fatihhasri Simatupang<sup>3</sup>**

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

Email: [sucidahlyanarpila@uinsu.ac.id](mailto:sucidahlyanarpila@uinsu.ac.id)<sup>1\*</sup>, [damayanti0305232029@uinsu.ac.id](mailto:damayanti0305232029@uinsu.ac.id)<sup>2</sup>, [fatihhasri0304232034@uinsu.ac.id](mailto:fatihhasri0304232034@uinsu.ac.id)<sup>3</sup>

#### **Article Info**

##### Article history :

Received : 16-06-2025

Revised : 17-06-2025

Accepted: 19-06-2025

Published : 21-06-2025

#### **Abstract**

*Line integrals are an important concept in vector calculus used to calculate force effort, but many students have difficulty understanding them. The purpose of this study is to identify students' difficulties in learning line integrals in vector calculus courses. The research uses a descriptive qualitative method in the Mathematics Education Study Program of UIN North Sumatra for the even semester 2024/2025. The research subjects were 3 students who were selected by purposive sampling based on the criteria of experiencing linear integral learning difficulties. Data were collected through structured interviews and observations with three analytical questions regarding the difficulty of calculating line integrals, the confusing steps in calculating the effort using line integrals on vector fields, and the difficult part of working on the problem. The results of the study show that students' difficulties stem from a lack of in-depth understanding of basic concepts, especially the relationship of differentiation and integration in the context of parametric curves, as well as the inability to apply theoretical concepts to solving practical problems. Students experience confusion at the stage of differentiation of variables  $x$ ,  $y$ ,  $z$  and the transition to integration, as well as difficulty determining parameters and constraints when calculating efforts on vector fields.*

**Keywords:** *line integral, vector calculus, learning difficulties*

#### **Abstrak**

Integral garis merupakan konsep penting dalam kalkulus vektor yang digunakan untuk menghitung usaha gaya, namun banyak mahasiswa mengalami kesulitan memahaminya. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi kesulitan mahasiswa dalam mempelajari integral garis pada mata kuliah kalkulus vektor. Penelitian menggunakan metode kualitatif deskriptif di Program Studi Pendidikan Matematika UIN Sumatera Utara semester genap 2024/2025. Subjek penelitian adalah 3 mahasiswa yang dipilih secara purposive sampling berdasarkan kriteria mengalami kesulitan pembelajaran integral garis. Data dikumpulkan melalui wawancara terstruktur dan observasi dengan tiga pertanyaan analisis mengenai kesulitan perhitungan integral garis, langkah membingungkan dalam menghitung usaha menggunakan integral garis pada medan vektor, dan bagian sulit dalam mengerjakan soal. Hasil penelitian menunjukkan kesulitan mahasiswa bersumber dari pemahaman konsep dasar yang kurang mendalam, khususnya hubungan diferensiasi dan integrasi dalam konteks kurva parametrik, serta ketidakmampuan mengaplikasikan konsep teoretis ke penyelesaian soal praktis. Mahasiswa mengalami kebingungan pada tahap diferensiasi variabel  $x$ ,  $y$ ,  $z$  dan transisi ke integrasi, serta kesulitan menentukan parameter dan batasan saat menghitung usaha pada medan vektor.

**Kata Kunci :** *integral garis, kalkulus vektor, kesulitan belajar*



## PENDAHULUAN

Kalkulus merupakan salah satu cabang ilmu matematika dan juga mata kuliah yang dipelajari di perguruan tinggi. Kalkulus diferensial dan kalkulus integral adalah dua cabang utama dalam kalkulus. Integral merupakan konsep penjumlahan secara berkesinambungan dalam matematika bersama inversnya yaitu diferensial. Integral dikembangkan menyusul dikembangkannya masalah dalam diferensial, dimana matematikawan harus berpikir bagaimana menyelesaikan masalah yang berkebalikan dengan solusi diferensiasi, sehingga integral juga disebut antiderivatif atau anti turunan. (Rahmawati et al., 2022)

Analisis Vektor atau yang juga dikenal dengan Kalkulus Vektor merupakan salah satu mata kuliah yang harus ditempuh oleh mahasiswa di Program Studi Matematika maupun Pendidikan Matematika. Sebelum menempuh mata kuliah ini, terlebih dahulu mahasiswa harus menempuh mata kuliah Kalkulus I dan Kalkulus II yang merupakan mata kuliah prasyarat dari mata kuliah Analisis Vektor. Dua materi penting yang menjadikan alasan Kalkulus I dan Kalkulus II sebagai mata kuliah prasyarat dari mata kuliah Analisis Vektor adalah materi differensial pada Kalkulus I dan integral pada Kalkulus II. Kedua materi tersebut, pada mata kuliah Analisis Vektor diaplikasikan pada masalah differensiasi dan integrasi vektor. (Rejeki, 2015)

Integral merupakan konsep yang penting dalam kalkulus selain turunan. Integral merupakan operasi utama didalam kalkulus integral. Prinsip-prinsip integral diformulasikan oleh Isaac Newton dan Gottfried Leibniz pada abad 17 dengan memanfaatkan hubungan erat antara anti turunan dan integral tentu yaitu suatu hubungan yang memungkinkan kita untuk menghitung nilai yang sebenarnya dari banyak integral tentu dengan menggunakan teorema dasar kalkulus. Melalui teorema ini mereka mengembangkan konsep integral yang dikaitkan dengan turunan, sehingga integral didefinisikan sebagai anti turunan karena keduanya memiliki hubungan yang saling berkebalikan. (Monariska, 2019)

Kalkulus integral merupakan salah satu mata kuliah wajib yang diajarkan pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika semester awal dan merupakan mata kuliah prasyarat mata kuliah selanjutnya yang lebih kompleks, seperti persamaan differensial, kalkulus peubah banyak, dan analisis kompleks. Berdasarkan penugasan yang diberikan pada materi Kalkulus Integral, sebagian mahasiswa cukup mampu menyelesaikan soal dengan teknik pengintegralan yang tepat. Namun, masih terdapat beberapa mahasiswa yang salah menerapkan konsep dalam mengintegralkan. (Machromah et al., 2018)

Kalkulus vektor merupakan salah satu cabang penting dalam matematika yang memiliki peranan krusial dalam berbagai aplikasi, terutama dalam fisika dan teknik. Integral garis, sebagai salah satu konsep sentral dalam kalkulus vektor, berfungsi untuk menghitung nilai fungsi sepanjang kurva dan memiliki aplikasi signifikan dalam menentukan usaha yang dilakukan oleh gaya. Pemahaman yang mendalam tentang integral garis sangat penting untuk menyelesaikan perhitungan yang lebih kompleks dan aplikatif, sehingga menjadi fokus utama dalam pembelajaran kalkulus vektor.

Integral garis tidak hanya sekadar perhitungan matematis, tetapi juga memiliki aplikasi praktis dalam menentukan usaha yang dilakukan oleh gaya sepanjang lintasan yang dilalui. Integral garis dapat dinyatakan dalam bentuk parameterisasi kurva, yang memungkinkan perhitungan



dilakukan dengan lebih sistematis. Konsep ini menjadi dasar dalam menghitung usaha, di mana integral garis berperan dalam menjumlahkan kontribusi gaya sepanjang lintasan yang dilalui (Lukman & Dedy, 2023;126)

Selanjutnya, (Wrede & Spiegel, 2007) menekankan pentingnya pemahaman integral garis dalam konteks kalkulus vektor, di mana integral ini digunakan untuk menghitung integral dari fungsi vektor sepanjang suatu kurva. Pemahaman yang baik tentang integral garis memungkinkan mahasiswa untuk menerapkan konsep ini dalam berbagai situasi, termasuk dalam perhitungan usaha yang dilakukan oleh gaya. Hal ini menunjukkan bahwa integral garis bukan hanya sekadar teori, tetapi juga alat yang sangat berguna dalam aplikasi nyata (Wrede & Spiegel, 2007;183)

Integral merupakan salah satu topik dalam rangkaian topik kalkulus yang dipelajari mahasiswa S1 MIPA, pendidikan MIPA ataupun teknik. Hal ini karena integral memiliki cakupan aplikasi yang sangat luas, dalam berbagai bidang, sehingga dapat membantu orang dalam menyelesaikan banyak masalah. Selain itu, secara khusus bagi mahasiswa pendidikan matematika, integral berkaitan langsung dengan materi pelajaran matematika sekolah menengah. Oleh karena itu, topik ini dipandang penting untuk diajarkan, dengan harapan, setelah belajar integral mahasiswa menjadi lebih siap mengajarkannya kembali kelak ketika menjadi guru. (Anggoro, 2023)

Pemahaman konsep penting dimiliki oleh mahasiswa dalam mata kuliah kalkulus integral sehingga menjadi bekal bagi mahasiswa untuk memahami konsep materi lain yang lebih luas, seperti kalkulus lanjut yang memuat konsep integral lipat. Dalam penelitian ini adapun indikator kemampuan pemahaman konsep mahasiswa dalam mengidentifikasi penyelesaian soal integral tak tentu dan tentu adalah: (a) menyatakan ulang sebuah konsep, (b) memberikan contoh dan non-contoh dari konsep, (c) mengembangkan syarat perlu dan syarat cukup suatu konsep serta (d) mengaplikasikan konsep atau algoritma pemecahan masalah. Berdasarkan indikator-indikator tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kemampuan pemahaman konsep mahasiswa dalam mengidentifikasi penyelesaian soal integral tak tentu dan tentu ditinjau berdasarkan indikator kemampuan pemahaman konsep matematika. (Utari & Utami, 2020)

Salah satu materi yang cukup sentral dalam matematika adalah materi kalkulus. Sehingga materi ini harus mendapatkan perhatian yang cukup serius menyangkut masalah penguasaan materi, pemilihan metode pembelajaran yang tepat, dan penentuan strategi, serta teknik pembelajaran yang serasi. Oleh karena itu, para mahasiswa harus mendapat bekal materi kalkulus ini sebaik-baiknya. Jika diperhatikan, inti dari pelajaran kalkulus tak lain dan tak bukan adalah limit suatu fungsi. Bahkan, secara ekstrim kalkulus dapat didefinisikan sebagai pengkajian tentang limit. (Wahyuni, 2017)

Dalam upaya menggapai tujuan dari pembelajaran matematika terdapat berbagai permasalahan yang menimbulkan tujuan pembelajaran belum tercapai secara optimal. Berbagai permasalahan dalam proses pembelajaran menjadikan mutu pembelajaran matematika di Indonesia masih rendah. Perihal tersebut didasarkan pada hasil informasi dari Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) pada tahun 2011 yang dicoba empat tahun sekali untuk mengetahui peningkatan pembelajaran matematika serta sains menunjukkan bahwa skor rata-rata prestasi matematika di Indonesia menempati peringkat 38 dari 42 negara. (Ayu et al., 2021)



Permasalahan pembelajaran matematika tersebut didukung penelitian yang dilakukan oleh (Anggraeni, 2020) menyimpulkan bahwa faktor penyebab kesulitan belajar matematika adalah faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internalnya yaitu sikap siswa yang cenderung negatif saat pembelajaran matematika, minat belajar rendah, motivasi siswa yang lemah, dan kemampuan penginderaan yang kurang. Sedangkan faktor eksternal yaitu guru yang menonton, peralatan belajar yang masih minim, lingkungan keluarga yang kurang mendukung, dan lingkungan masyarakat yang cenderung ramai serta rata-rata pendidikan masyarakat yang masih rendah.

Namun, banyak mahasiswa yang mengalami kesulitan dalam memahami dan menerapkan konsep integral garis. Tantangan ini sering kali disebabkan oleh kompleksitas materi dan kurangnya pemahaman tentang bagaimana menerapkan teori dalam praktik. Oleh karena itu, penting untuk mengidentifikasi aspek-aspek yang perlu diperjelas dalam proses pembelajaran agar mahasiswa dapat menguasai konsep ini dengan lebih baik.

Tujuan dari artikel ini adalah untuk mengungkap kesulitan-kesulitan yang dialami mahasiswa dalam mempelajari integral garis, sehingga dapat ditentukan bagian mana yang perlu diperkuat dalam pembahasannya. Diharapkan, penelitian ini dapat berkontribusi pada peningkatan pemahaman mahasiswa terhadap konsep integral garis dalam kalkulus vektor, serta memberikan panduan bagi pengembangan metode pengajaran yang lebih efektif.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan di Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara pada semester genap tahun akademik 2024/2025. Penelitian menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan deskriptif untuk menganalisis kesulitan mahasiswa dalam memahami konsep integral garis. Subjek penelitian terdiri dari 3 mahasiswa yang dipilih secara purposive sampling berdasarkan kriteria mahasiswa yang mengalami kesulitan dalam pembelajaran integral garis, yaitu Firis Nur Sakinah, Imelda, dan Hairawani Karunia. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara terstruktur dan observasi selama proses pembelajaran. Wawancara dilakukan dengan mengajukan tiga pertanyaan analisis mengenai bagian perhitungan integral garis yang menimbulkan kesulitan, langkah yang membingungkan dalam menghitung usaha menggunakan integral garis pada medan vektor, dan bagian yang paling sulit dalam mengerjakan soal integral garis. Analisis data dilakukan secara kualitatif dengan teknik analisis deskriptif melalui tahapan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Data hasil wawancara dan observasi ditranskripsi kemudian dikategorisasi berdasarkan jenis kesulitan yang dialami mahasiswa untuk memberikan rekomendasi perbaikan metode pembelajaran integral garis.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **1. Integral Garis**

Integral Garis merupakan generalisasi dari integral tentu. Bentuk umum integral tentu:

$$\int_a^b f(x)dx$$



Bentuk generalisasinya adalah dengan mengganti  $[a,b]$  dengan kurva  $C$  pada bidang  $xy(R^2)$ . Sehingga bentuk integralnya menjadi ;

$$\int_C f ds$$

Integral ini disebut integral garis atau integral kurva karena akan melakukan proses integral di sepanjang kurvanya

a) Integral Garis Pada Ruang 2 Dimensi

Misalkan  $C$  adalah sebuah kurva mulus sepotong-sepotong dan  $C$  dinyatakan dalam persamaan parametrik:

$$x = x(t), y = y(t), z = z(t), a \leq t \leq b$$

Misalkan  $f(x, y): R^2 \rightarrow R^2$  terdiferensial secara kontinu pada himpunan terbuka yang mengandung  $C$ , dengan  $C = r(t) = x(t)i + y(t)j$ . Maka dapat ditentukan integral garis dari  $f(x, y)$  terhadap kurva  $C$  sebagai berikut :

$$\int_C f(x, y) ds = \int_a^b (f(x(t), y(t)) \sqrt{(x'(t))^2 + (y'(t))^2} dt$$

Jika diketahui kurva mulus sepotong-sepotong, misalnya kurva  $C_1, C_2, \dots, C_n$  maka untuk menentukan integral garis terhadap  $f(x, y)$  sepanjang kurva  $C$  sama artinya dengan jumlah dari integral pada masing-masing kurva.

$$\int_C f(x, y) dx = \int_{C_1} f(x, y) dx + \int_{C_2} f(x, y) dx + \dots + \int_{C_n} f(x, y) dx$$

Misalkan  $C$  adalah sebuah kurva mulus sepotong-sepotong dan  $C$  dinyatakan dalam persamaan parametrik

$$x = x(t), y = (t), z = z(t), a \leq t \leq b$$

Misalkan  $f(x, y, z): R^2 \rightarrow R^2$  terdiferensial secara kontinu pada himpunan terbuka yang mengandung  $C$ , dengan  $C \equiv r(t) = x(t)i + y(t)j + z(t)k$ . Maka dapat ditentukan integral garis dari  $f(x, y, z)$  terhadap kurva  $C$  sebagai berikut :

$$\int_C f(x, y, z) ds = \int_a^b (f(x(t), y(t), z(t)) \sqrt{(x'(t))^2 + (y'(t))^2 + (z'(t))^2} dt$$

2. Usaha atau Kerja

Bentuk integral  $\int_C M dx, \int_C N dy, \int_C P dz$ , merupakan integral garis.

$$\int_C (Mi + Nj + Pk) \cdot (dxi + dyj + dzk) = \int_C M dx + N dy + P dz \text{ (Narpilla, 2023; 92-100).}$$

Hasil analisis kesulitan mahasiswa dalam memahami konsep integral garis menunjukkan bahwa terdapat beberapa aspek yang menjadi tantangan signifikan dalam proses pembelajaran. Integral garis, sebagai salah satu topik penting dalam kalkulus vektor, memerlukan pemahaman



yang mendalam tentang berbagai konsep matematis, termasuk diferensiasi dan integrasi dalam konteks ruang tiga dimensi. Banyak mahasiswa melaporkan bahwa mereka merasa kesulitan pada tahap awal, terutama saat harus mendiferensialkan bentuk variabel  $x$ ,  $y$ , dan  $z$ . Proses ini sering kali terasa rumit, dan transisi dari diferensiasi ke integrasi menambah kompleksitas yang mereka hadapi.

Mahasiswa sering kali merasa terjebak dalam langkah-langkah perhitungan yang tampaknya sederhana, tetapi ketika harus mengaitkan langkah-langkah tersebut dengan konsep yang lebih besar, mereka mengalami kebingungan. Misalnya, saat mereka berusaha untuk memahami bagaimana fungsi yang telah didefinisikan dalam bentuk parametrik dapat diintegrasikan, mereka sering kali tidak yakin tentang bagaimana cara menghubungkan variabel-variabel tersebut dengan integral yang sedang mereka hitung. Hal ini menunjukkan bahwa ada kebutuhan untuk memperjelas hubungan antara diferensiasi dan integrasi dalam konteks integral garis.

Selain itu, mahasiswa juga mengungkapkan bahwa kebingungan mereka tidak hanya terletak pada perhitungan matematis, tetapi juga pada pemahaman konsep dasar di balik integral garis. Tanpa pemahaman yang kuat tentang prinsip-prinsip dasar, mereka merasa tidak yakin dalam menerapkan rumus dan metode yang ada. Misalnya, beberapa mahasiswa menyatakan bahwa mereka tidak sepenuhnya memahami bagaimana integral garis dapat digunakan untuk menghitung usaha yang dilakukan oleh gaya sepanjang lintasan tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa pengajaran yang lebih fokus pada pemahaman konsep dasar sangat diperlukan untuk membantu mahasiswa mengatasi kesulitan ini.

Dalam konteks penerapan integral garis, mahasiswa sering kali merasa bingung mengenai permisalan variabel, terutama ketika bentuk soal berubah. Mereka mempertanyakan apakah permisalan seperti  $x=t$  tetap berlaku dalam berbagai situasi, dan bagaimana hal ini mempengaruhi hasil perhitungan. Kebingungan ini diperparah ketika mereka harus menentukan batasan dan parameter yang tepat saat menghitung usaha atau kerja menggunakan integral garis pada medan vektor. Banyak mahasiswa yang merasa tidak yakin tentang langkah-langkah yang harus diambil, yang menunjukkan perlunya penjelasan yang lebih mendetail dan contoh konkret dalam pembelajaran.

Lebih jauh lagi, mahasiswa juga mengalami kesulitan dalam proses mendiferensialkan fungsi parametrik dan mencari nilai  $F(t)$  serta kerja yang dilakukan oleh gaya  $F$ . Mereka merasa bahwa meskipun mereka memahami konsep dasar diferensiasi, penerapannya dalam konteks fungsi parametrik terasa lebih rumit dan membingungkan. Hal ini menunjukkan bahwa ada kebutuhan untuk memperkuat pemahaman mereka tentang bagaimana menerapkan konsep-konsep ini dalam situasi yang lebih kompleks.

Secara keseluruhan, analisis ini mengindikasikan bahwa mahasiswa memerlukan dukungan tambahan dalam memahami dan menerapkan konsep integral garis. Dengan memberikan penjelasan yang lebih jelas, contoh yang lebih banyak, dan latihan yang terarah, diharapkan mahasiswa dapat mengatasi kesulitan yang mereka hadapi dan meningkatkan pemahaman mereka terhadap materi ini.



Berikut adalah pertanyaan-pertanyaan yang diajukan oleh mahasiswa beserta jawaban mereka, yang mencerminkan kesulitan yang mereka hadapi dalam memahami dan menerapkan konsep integral garis.

**Pertanyaan analisis:**

1. Bagian mana dari proses perhitungan integral garis yang menurut kamu paling sering menimbulkan kesulitan?
2. Dalam konteks menghitung usaha/kerja menggunakan integral garis pada medan vektor, langkah apa yang paling membingungkan?
3. Apakah kalian mengalami kesulitan dalam mengerjakan soal integral garis? Jika ya, jelaskan bagian mana yang paling sulit.

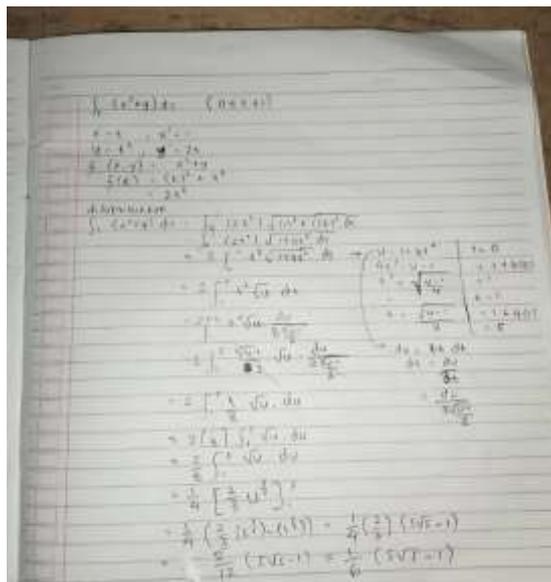
**Hasil dan jawaban:**

1. Firis Nur Sakinah :
  - a. Di awal, ketika kita harus mendiferensialkan bentuk  $x$ ,  $y$ , dan  $z$ . Di akhir, ketika mengintegalkan fungsi.
  - b. Bukan bagian perhitungan. Yang membuat saya bingung adalah konsep dasarnya.
  - c. Untuk salah satu contoh di bagian integral garis pada  $C1$ , saya bingung apakah permisalan  $x=t$  tetap berlaku meski bentuk soal berubah. Selanjutnya, untuk integral garis pada  $C2$ , bagian yang membuat saya bingung adalah mengapa  $x=1$  dan rumus ruas garis yang mana yang dimaksud untuk membuat  $x=1$ .
2. Imelda
  - a. Pada bagian menuliskan penurunan dan menghitung nilai integralnya terhadap kurva  $c$  pada ruang 3 dimensi
  - b. Saat memasukkan nilai fungsi  $(t)$
  - c. Iya, di bagian pemisalan variabel dengan  $(t)$  dan proses pengintegralannya
3. Hairawani Karunia
  - a. Pada bagian menentukan integral garis pada ruang 3 dimensi
  - b. Mencari nilai  $F(t)$  dan kerja yang dilakukan oleh gaya  $F$
  - c. Ya, di bagian differensialkan fungsi parametrik

Sebagai bagian dari pembelajaran mengenai integral garis, salah satu mahasiswa yang bernama Imelda telah menyelesaikan sebuah latihan soal yang berkaitan dengan topik ini. Latihan soal dirancang untuk menguji pemahaman mahasiswa tentang penerapan integral garis. Berikut satu soal yang diujikan:

1. Hitung integral garis  $\int_C (x^2 + y) ds$  dengan  $C$  adalah kurva  $x = t, y = t^2, 0 \leq t \leq 1$ !

Penyelesaian soal uji:



Meskipun dia mengalami beberapa kebingungan pada awalnya, Imelda berhasil menyelesaikan soal tersebut dengan baik dan mendapatkan hasil yang memuaskan.

## KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi dan menganalisis kesulitan-kesulitan yang dialami mahasiswa dalam mempelajari integral garis pada mata kuliah kalkulus vektor. Temuan utama menunjukkan bahwa kesulitan mahasiswa bersumber dari pemahaman konsep dasar yang kurang mendalam, khususnya dalam memahami hubungan antara diferensiasi dan integrasi dalam konteks kurva parametrik. Kesulitan juga muncul dari ketidakmampuan mahasiswa dalam mengaplikasikan konsep teoretis ke dalam penyelesaian soal-soal praktis, terutama dalam menghitung usaha menggunakan integral garis pada medan vektor. Hal ini mengindikasikan bahwa pendekatan pembelajaran yang selama ini digunakan belum optimal dalam membangun pemahaman konseptual yang kuat pada mahasiswa.

Makna dari hasil penelitian ini menunjukkan perlunya transformasi dalam strategi pembelajaran integral garis, dari pendekatan yang bersifat prosedural menuju pendekatan yang menekankan pemahaman konseptual. Implikasi praktis dari temuan ini adalah perlunya pengembangan bahan ajar yang lebih kontekstual, penggunaan metode pembelajaran yang lebih interaktif, dan pemberian latihan yang berjenjang untuk membangun pemahaman mahasiswa secara bertahap. Untuk penelitian lanjutan, disarankan untuk mengembangkan model pembelajaran berbasis masalah yang spesifik untuk materi integral garis, serta melakukan penelitian eksperimental untuk menguji efektivitas strategi pembelajaran yang telah direkomendasikan. Penelitian lebih lanjut juga dapat diarahkan pada pengembangan media pembelajaran digital yang dapat memvisualisasikan konsep integral garis secara interaktif untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada mahasiswa Firis Nur Sakinah, Imelda, dan Hairawani Karunia yang telah bersedia menjadi subjek penelitian dan memberikan informasi yang berharga untuk penelitian ini. Penghargaan khusus juga diberikan kepada Universitas Islam Negeri



Sumatera Utara yang telah menyediakan fasilitas penelitian. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi pengembangan pembelajaran matematika, khususnya dalam mata kuliah kalkulus vektor.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro, A. Y. (2023). MATHEMATICS EDUCATION STUDENTS ' ERROR ANALYSIS ON SOLVING INTEGRAL. *JURNAL KEPENDIDIKAN MATEMATIKA*, 4(2).
- Anggraeni, S. T. (2020). ANALISIS FAKTOR PENYEBAB KESULITAN BELAJAR MATEMATIKA DI SEKOLAH DASAR. *Jurnal Riset Pendidikan Dasar (JRPD)*, 1(1).
- Ayu, S., Ardianti, S. D., & Wanabuliandri, S. (2021). ANALISIS FAKTOR PENYEBAB KESULITAN BELAJAR MATEMATIKA. *Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 10(3), 1611–1622.
- Lukman, & Dedy, E. (2023). *KALKULUS VEKROE*. PT Bumi Aksara.
- Machromah, I. U., Purnomo, M. E. R., Febriyanti, K., & Rahmawati, H. A. B. (2018). *Arithmetics Skill : Kesulitan Utama Mahasiswa dalam Menyelesaikan Soal Arithmetics Skill : Kesulitan Utama Mahasiswa dalam Menyelesaikan Soal Kalkulus Integral*. June.
- Monariska, E. (2019). Analisis kesulitan belajar mahasiswa Pada materi integral. *Jurnal Analisa*, 5(1).
- Narpilla, S. D. (2023). *Kalkulus Vektor*. CV.Kencana Emas Sejahtera.
- Rahmawati, Rochmad, & Isnarto. (2022). Analisis Kemampuan Pemahaman Konsep Mahasiswa pada Mata Kuliah Kalkulus Integral Melalui Pembelajaran Daring. *PRISMA*, 5, 106–113.
- Rejeki, S. (2015). Kontribusi Kemampuan Kalkulus I dan Kalkulus II Terhadap Hasil Belajar Mata Kuliah Analisis Vektor. *JPIM IAIN Antasari*, 03(1).
- Utari, R. S., & Utami, A. (2020). Kemampuan Pemahaman Konsep Mahasiswa dalam Mengidentifikasi Penyelesaian Soal Integral Tak Tentu dan Tentu. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 14(1), 39–50.
- Wahyuni, A. (2017). ANALISIS HAMBATAN BELAJAR MAHASISWA PADA MATA KULIAH KALKULUS DASAR. *JNPM(Jurnal Nasional Pendidikan Matematika)*, 1(1), 10–23.
- Wrede, R., & Spiegel, M. R. (2007). *Schaum's Outlines Teori dan Soal-soal Kalkulus Lanjut, Edisi Kedua*. PENERBIT ERLANGGA.