



Analisis Kesulitan Belajar Mahasiswa pada Materi Teori Kebebasan Lintasan dalam Mata Kuliah Kalkulus Vektor

Hilmi Atha Syafiq^{1*}, Nurul Yulia Rizki Lubis², Astri Wulandari³, Suci Dahlya Narpila⁴
^{1,2,3,4} Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Indonesia

Email: hilmi0305231007@uinsu.ac.id^{1*}, nurul0305231013@uinsu.ac.id²,
astri0305231002@uinsu.ac.id³, sucidahlyanarpila@uinsu.ac.id⁴

Alamat: Jl. William Iskandar Ps,V, Medan Estate, Kec, Percut Sei Tuan
Korespondensi penulis: hilmi0305231007@uinsu.ac.id

Abstrack: This study aims to analyze the forms of learning difficulties experienced by students in understanding the path independence theorem in the Vector Calculus course. The focus of the research is a group of students who had previously presented this material in class. Data were collected through a questionnaire containing both open- and close-ended questions to explore conceptual understanding, difficulties in distinguishing between conservative and non-conservative fields, and challenges in solving application problems. The analysis revealed that although students reported having a fair grasp of the basic concepts, they still expressed uncertainty in understanding the relationship between path independence and the conditions for conservative fields. Difficulties were also found in spatial visualization and in connecting concepts with the fundamental theorem of calculus. In addition, students showed a preference for worked example problem sets and visual learning media as the most effective learning supports. These findings indicate the need for an interactive, contextual, and visually supported instructional approach to enhance students' conceptual understanding and application skills related to this topic.

Keywords: calculus, vector, freedom of trajectory, learning

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bentuk-bentuk kesulitan belajar mahasiswa dalam memahami teorema kebebasan lintasan pada mata kuliah Kalkulus Vektor. Fokus penelitian diarahkan pada sekelompok mahasiswa yang telah mempresentasikan materi ini di kelas. Data diperoleh melalui penyebaran kuesioner yang berisi pertanyaan terbuka dan tertutup guna menggali pemahaman konseptual, hambatan dalam membedakan medan konservatif dan non-konservatif, serta kesulitan dalam menyelesaikan soal-soal aplikasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa meskipun mahasiswa merasa cukup memahami konsep dasar, mereka masih mengalami keraguan dalam memahami hubungan antara teorema kebebasan lintasan dan syarat medan konservatif. Kesulitan juga ditemukan dalam aspek visualisasi ruang tiga dimensi dan keterkaitan konsep dengan teorema fundamental kalkulus. Selain itu, mahasiswa menunjukkan preferensi terhadap latihan soal dengan pembahasan lengkap dan media pembelajaran visual sebagai bentuk bantuan yang paling efektif. Temuan ini mengindikasikan perlunya pendekatan pembelajaran yang interaktif, kontekstual, dan berbasis visual guna meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan aplikatif mahasiswa terhadap topik ini.

Kata kunci: kalkulus, vektor, kebebasan lintasan, belajar

1. LATAR BELAKANG

Kalkulus Vektor merupakan salah satu mata kuliah lanjutan yang penting dalam kurikulum pendidikan matematika dan matematika murni, karena berfungsi sebagai landasan dalam memahami berbagai fenomena fisis dan matematis yang melibatkan ruang berdimensi tiga. Salah satu konsep sentral yang cukup kompleks dalam mata kuliah ini adalah *teorema kebebasan lintasan*, yang menyatakan bahwa hasil integral garis pada medan konservatif hanya bergantung pada titik awal dan akhir lintasan, bukan bentuk lintasan itu sendiri. Meskipun secara teoritis konsep ini tampak sederhana, kenyataannya banyak mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahaminya secara konseptual maupun aplikatif.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kesulitan belajar mahasiswa dalam kalkulus lebih banyak terjadi pada aspek konseptual dan visualisasi, khususnya ketika berhadapan dengan materi integral dan medan vektor. Simarmata (2024) mengungkapkan bahwa mahasiswa sering mengalami hambatan ketika harus menerapkan konsep multivariabel dalam konteks ruang tiga dimensi. Begitu pula dengan Takaendengan, Asriadi, & Takaendengan (2021) yang menemukan bahwa mahasiswa cenderung menyelesaikan soal dengan cara prosedural tanpa memahami makna di balik rumus atau hubungan antar konsep. Septiani & Harisman (2025) juga menekankan pentingnya pemahaman mendalam terhadap kalkulus diferensial dan integral sebagai dasar untuk menguasai materi lanjut seperti teorema lintasan.

Di sisi lain, Wahyuni (2017) mengidentifikasi bahwa kurangnya pemahaman terhadap definisi formal dan lema dasar menjadi sumber utama kesalahan mahasiswa saat belajar kalkulus. Bahkan Sumargiyani & Nafi'ah (2020) menambahkan bahwa mahasiswa masih mengalami kesulitan dalam menghubungkan bentuk matematis integral dengan interpretasi geometrisnya. Permasalahan ini semakin kompleks ketika materi menyangkut medan konservatif dan integral garis yang memerlukan kemampuan visualisasi arah medan, lintasan, dan sifat medan tersebut.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis kesulitan belajar mahasiswa dalam memahami teorema kebebasan lintasan melalui pendekatan kualitatif berbasis refleksi dan wawancara terhadap mahasiswa yang telah mempresentasikan materi tersebut. Harapannya, hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran yang lebih konkret tentang tantangan yang dihadapi mahasiswa serta menawarkan rekomendasi terhadap pendekatan pembelajaran yang lebih efektif, kontekstual, dan visual.

Kesulitan belajar dalam matematika tingkat tinggi seperti kalkulus tidak hanya terjadi pada tingkat pemahaman prosedural, tetapi juga pada tingkat konseptual dan representasional. Menurut Wahyuni (2017), banyak mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami definisi dasar dan tidak mampu membangun relasi antara konsep satu dengan lainnya, terutama dalam konteks kalkulus dasar. Hal ini berlanjut pada tahap kalkulus lanjutan di mana visualisasi dan pemahaman multivariabel menjadi sangat penting.

Dalam konteks integral garis dan teorema kebebasan lintasan, Simarmata (2024) mencatat bahwa mahasiswa kesulitan memvisualisasikan medan vektor dalam ruang tiga dimensi dan mengalami kebingungan saat menerapkan konsep medan konservatif. Takaendengan et al. (2021) menekankan bahwa kelemahan dalam memahami sifat konservatif medan vektor menjadi salah satu sumber utama miskonsepsi mahasiswa, di mana mereka

cenderung hanya mengandalkan rumus tanpa memahami fungsi potensial atau uji rotasi (*curl*). Selain itu, kajian dari Sumargiyani & Nafi'ah (2020) menunjukkan bahwa mahasiswa sering kali tidak mampu menghubungkan notasi matematis dengan pemahaman geometris, khususnya ketika menyelesaikan integral lintasan dengan parameterisasi.

Septiani & Harisman (2025) menambahkan bahwa lema dasar kalkulus seperti teorema fundamental kalkulus satu variabel belum dikuasai secara utuh oleh mahasiswa, sehingga pemahaman terhadap versi vektornya (misalnya Stokes atau Green) menjadi lebih sulit. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pembelajaran yang lebih interaktif, kontekstual, dan berbasis visualisasi konkret agar mahasiswa dapat memahami keterkaitan antar konsep, bukan hanya prosedurnya saja.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif yang bertujuan untuk mendeskripsikan bentuk-bentuk kesulitan belajar mahasiswa pada materi teorema kebebasan lintasan dalam mata kuliah Kalkulus Vektor. Subjek penelitian terdiri dari tiga orang mahasiswa dari satu kelompok yang telah mempresentasikan materi tersebut di kelas, dengan asumsi bahwa mereka memiliki pengalaman belajar yang lebih mendalam terhadap topik yang dikaji. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran kuesioner daring yang memuat pertanyaan tertutup dan terbuka. Pertanyaan tertutup digunakan untuk mengukur tingkat pemahaman dan frekuensi kesulitan secara objektif, sedangkan pertanyaan terbuka digunakan untuk menggali pendapat, saran, serta bentuk kesulitan yang dialami secara naratif. Instrumen ini mencakup aspek pemahaman konsep dasar, kemampuan membedakan medan konservatif dan non-konservatif, kesulitan dalam penerapan integral garis, serta preferensi terhadap metode pembelajaran. Data dianalisis menggunakan pendekatan tematik dengan mengelompokkan jawaban ke dalam beberapa tema utama, yaitu tingkat pemahaman konseptual, kesulitan membedakan jenis medan vektor, kesulitan dalam menyelesaikan soal aplikasi, dan preferensi terhadap bentuk bantuan atau pembelajaran yang dianggap efektif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengisian kuesioner oleh tiga mahasiswa yang telah mempresentasikan materi teorema kebebasan lintasan, diperoleh gambaran umum bahwa secara keseluruhan responden berada pada tingkat pemahaman yang cukup terhadap konsep dasar. Ketiganya menyatakan "*cukup paham*" terhadap pengertian umum teorema ini. Namun, ketika ditanya lebih spesifik mengenai pemahaman tentang ketergantungan hasil integral garis

terhadap lintasan, dua dari tiga responden menyatakan “*tidak yakin*”. Hal ini menunjukkan adanya keraguan atau ketidakpastian terhadap syarat-syarat spesifik (seperti medan konservatif) yang menjadikan integral garis bersifat bebas lintasan.

Dalam aspek kesulitan membedakan medan konservatif dan non-konservatif, dua responden menjawab “*kadang-kadang*” mengalami kesulitan, sementara satu responden menyatakan “*tidak*”. Jawaban ini memperkuat dugaan bahwa masih terdapat ketidakkonsistenan pemahaman terhadap syarat matematis suatu medan vektor dikatakan konservatif, seperti menggunakan uji rotasi (*curl*) atau memeriksa keberadaan fungsi potensial.

Untuk pertanyaan tentang bagian tersulit dalam memahami teorema ini, dua responden menyatakan bahwa mereka kesulitan dalam “*memahami hubungan antara teorema ini dan teorema fundamental kalkulus vektor*”, sementara satu responden kesulitan dalam “*mengidentifikasi medan konservatif*”. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa belum mampu melihat keterkaitan antar topik dalam kalkulus vektor secara integratif, padahal hubungan antara teorema kebebasan lintasan, integral garis, dan fungsi gradien merupakan inti dari pemahaman materi ini.

Ketika ditanya apakah mereka mengalami kesulitan dalam menyelesaikan soal-soal aplikasi, ketiganya memberikan jawaban “*tergantung soal*”, yang mengindikasikan bahwa tingkat kesulitan mereka bergantung pada bentuk atau konteks soal yang diberikan, terutama soal yang memerlukan strategi pemilihan metode (menggunakan parameterisasi lintasan atau fungsi potensial).

Adapun terkait bentuk bantuan yang dianggap paling membantu dalam memahami teorema ini, dua responden memilih “*latihan soal dengan pembahasan lengkap*” dan satu responden memilih “*video pembelajaran*”. Preferensi ini menunjukkan bahwa mahasiswa membutuhkan pendekatan pembelajaran yang konkret dan terstruktur, baik melalui media visual maupun penguatan latihan aplikatif.

Dalam pertanyaan terbuka, responden menyampaikan saran seperti pentingnya memberikan contoh soal aplikatif yang bervariasi, penggunaan alat bantu visual seperti grafik medan vektor, serta pelibatan mahasiswa dalam diskusi aktif selama pembelajaran. Hal ini menegaskan perlunya metode pembelajaran yang tidak hanya berfokus pada penyampaian teori, tetapi juga mendorong eksplorasi visual dan pemecahan masalah nyata.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa meskipun mahasiswa memiliki pemahaman dasar yang cukup terhadap teori teorema kebebasan lintasan, mereka masih menghadapi kesulitan yang signifikan dalam menghubungkan antar konsep serta dalam penerapannya pada penyelesaian soal-soal aplikatif. Hambatan utama terletak pada

ketidakmampuan mahasiswa dalam memvisualisasikan medan vektor, memahami sifat konservatif medan, serta mengaitkan konsep tersebut dengan teorema fundamental kalkulus. Temuan ini sejalan dengan hasil studi oleh Simarmata (2024), Takaendengan et al. (2021), dan Sumargiyani & Nafi'ah (2020), yang menekankan kecenderungan mahasiswa untuk menghafal prosedur tanpa memahami makna konseptual dan geometris dari operasi matematika yang digunakan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pembelajaran yang lebih kontekstual, interaktif, dan berbasis visualisasi konkret guna membantu mahasiswa membangun pemahaman yang utuh dan aplikatif terhadap materi Kalkulus Vektor, khususnya pada topik teorema kebebasan lintasan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis terhadap data wawancara melalui kuesioner yang diberikan kepada mahasiswa yang telah mempresentasikan materi teorema kebebasan lintasan, dapat disimpulkan bahwa meskipun mahasiswa memiliki tingkat pemahaman yang cukup terhadap konsep dasar, masih terdapat beberapa bentuk kesulitan yang signifikan. Kesulitan tersebut mencakup keraguan dalam memahami syarat medan konservatif sebagai prasyarat kebebasan lintasan, kesulitan dalam menghubungkan konsep ini dengan teorema fundamental kalkulus vektor, serta keterbatasan dalam mengidentifikasi medan konservatif secara matematis. Selain itu, mahasiswa menunjukkan ketergantungan pada bentuk soal dan mengalami hambatan dalam menyusun strategi penyelesaian yang efektif.

Mahasiswa juga mengungkapkan bahwa bentuk bantuan yang paling mereka butuhkan adalah latihan soal dengan pembahasan lengkap serta media pembelajaran visual seperti video. Hal ini menunjukkan bahwa proses pembelajaran teorema kebebasan lintasan perlu didukung oleh pendekatan yang konkret, visual, dan aplikatif agar mahasiswa tidak hanya memahami teori secara prosedural, tetapi juga mampu mengaitkannya dengan makna geometris dan aplikasinya dalam ruang tiga dimensi. Oleh karena itu, strategi pembelajaran berbasis pemecahan masalah, penggunaan media visual interaktif, dan penguatan keterkaitan antarkonsep sangat direkomendasikan untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap materi .

REFERENSI

- Firmansyah, R., & Wulandari, A. (2021). Diagnostik kesulitan belajar mahasiswa pada materi turunan fungsi menggunakan pendekatan APOS. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 10(3), 1395–1405. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v10i3.4148>
- Kusumawati, A., & Wahyudin, D. (2020). Analisis miskonsepsi mahasiswa dalam memahami konsep limit dan integral. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 14(1), 43–52. <https://doi.org/10.22342/jpm.14.1.6821.43-52>
- Rahayu, S., & Sujadi, I. (2019). Analisis kesalahan mahasiswa dalam menyelesaikan soal integral tak tentu berdasarkan langkah Polya. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 6(2), 190–203. <https://doi.org/10.21831/jrpm.v6i2.26794>
- Septiani, R. D., & Harisman, Y. (2025). Studi pemahaman kalkulus: Uji kemampuan mahasiswa pendidikan matematika dalam perhitungan integral dan diferensial. *JRPMS*, 9(1). <https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/jrpms/article/view/26462>
- Simarmata, R. H. (2024). Analisis kesulitan mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan penerapan integral lipat tiga pada mata kuliah Peubah Banyak. *Prosiding SENPIKA 2024*, 38–50. <https://proceeding.unimed.ac.id/senpika/article/view/79>
- Sumargiyani, S., & Nafi'ah, B. (2020). Analisis kesulitan mahasiswa dalam menyelesaikan soal Kalkulus Diferensial. *PRISMA: Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 3, 591–598. <https://journal.unnes.ac.id/sju/prisma/article/view/37636>
- Takaendengan, B. R., Asriadi, & Takaendengan, W. (2021). Analisis kesulitan belajar mahasiswa pada mata kuliah kalkulus lanjut. *Sepren: Jurnal Pendidikan*, 3(2). <https://ejournal.unima.ac.id/index.php/sepren/article/view/690>
- Wahyuni, A. (2017). Analisis hambatan belajar mahasiswa pada mata kuliah Kalkulus Dasar. *JNPM: Jurnal Nasional Pendidikan Matematika*, 1(1). <https://doi.org/10.33603/jnpm.v1i1.253>
- Yanti, E., & Halim, A. (2022). Analisis kesulitan mahasiswa dalam pembelajaran kalkulus berbasis e-learning di masa pandemi. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Matematika*, 8(1), 30–38. <https://ejournal.unsri.ac.id/index.php/jppm/article/view/15361>