



eISSN 3090-7012 & pISSN 3090-6822

JURNAL ILMIAH LITERASI INDONESIA

Vol. 1, No. 1, Juni 2025

doi.org/10.63822/m83mra94

Hal. 163-167

Homepage <https://ojs.indopublishing.or.id/index.php/jili>

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

**Suci Dahlya Narpila¹, Siti Hany Humairoh², Ade Nayla Nasution³,
Nur Aisyah Pulungan⁴**

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara^{1,2,3,4}

*Email: sucidahlyanarpila@uinsu.ac.id, nayla0305233081@uinsu.ac.id

Diterima: 17-06-2025 | Disetujui: 23-06-2025 | Diterbitkan: 26-06-2025

ABSTRACT

This study aims to analyze students' difficulties in understanding the concept of path independence in Vector Calculus. Based on interviews with a student group, several main obstacles were identified, namely the lack of understanding of path parameterization, the concept of rotation (curl), and the application of conditions for conservative vector fields. The research method used was a qualitative study through in-depth interviews and discussion observation. The results show that some students still struggle to connect line integrals, path independence, and the rotation theorem. Therefore, it is necessary to strengthen the material through contextual learning methods and more concrete examples.

Keywords: Path independence, Vector Calculus, Conservative Vector Field, Curl, Parameterization.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesulitan mahasiswa dalam memahami materi kebebasan lintasan pada matakuliah Kalkulus Vektor. Berdasarkan hasil wawancara dengan salah satu kelompok mahasiswa, ditemukan beberapa poin utama yang menjadi hambatan pembelajaran, yaitu kurangnya pemahaman mengenai parameterisasi lintasan, konsep rotasi atau curl, serta penerapan syarat konservatif pada medan vektor. Metode penelitian yang digunakan adalah studi kualitatif melalui wawancara mendalam dan observasi diskusi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian mahasiswa masih kesulitan dalam memahami hubungan antara integral garis, kebebasan lintasan, dan teorema rotasi. Oleh karena itu, perlu penguatan materi melalui metode pembelajaran yang lebih kontekstual dan disertai contoh konkret.

Kata Kunci: Kebebasan lintasan, Kalkulus Vektor, Medan Vektor Konservatif, Curl, Parameterisasi.

Bagaimana Cara Sitasi Artikel ini:

Suci Dahlya Narpila, Siti Hany Humairoh, Ade Nayla Nasution, & Nur Aisyah Pulungan. (2025). Analisis Kesulitan Mahasiswa dalam Mempelajari Materi Kebebasan Lintasan pada Mata Kuliah Kalkulus Vektor. Jurnal Ilmiah Literasi Indonesia, 1(2), 163-167. <https://doi.org/10.63822/m83mra94>

PENDAHULUAN

Kalkulus Vektor merupakan salah satu cabang matematika yang mempelajari konsep-konsep medan vektor, integral garis, integral permukaan, serta sifat-sifat konservatif pada suatu medan. Materi ini memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi karena memadukan beberapa konsep dasar kalkulus diferensial dan integral ke dalam suatu bentuk yang lebih general dan abstrak. Salah satu topik penting yang sering menimbulkan kebingungan adalah kebebasan lintasan pada integral garis (Widiastuti A, 2018).

Secara umum, integral garis dapat bergantung pada lintasan yang dipilih atau hanya bergantung pada titik awal dan titik akhir lintasan tersebut. Jika integral garis hanya bergantung pada titik-titik ujung dan tidak pada lintasan yang dilalui, maka dikatakan integral garis tersebut bebas lintasan. Kebebasan lintasan erat kaitannya dengan konsep medan vektor konservatif, yaitu medan vektor yang memiliki fungsi potensial. Jika suatu medan vektor konservatif, maka nilai integral garisnya bebas lintasan. Hal ini sangat penting dalam berbagai aplikasi fisika dan teknik, seperti pada perhitungan kerja gaya konservatif dalam medan gravitasi atau elektrostatik (Mahayukti, Dewi, Hartawan, & Jana, 2022).

Dalam pembelajaran di kelas, materi kebebasan lintasan dan teorema rotasi seringkali menjadi tantangan bagi mahasiswa. Berdasarkan wawancara dengan salah satu kelompok mahasiswa, ditemukan bahwa mereka masih kesulitan memahami asal-usul parameter t pada integral garis yang diparameterkan. Variabel t merupakan parameter waktu atau variabel bantu yang digunakan untuk menyederhanakan perhitungan lintasan, namun bagi mahasiswa yang belum terbiasa dengan parameterisasi, hal ini menjadi sumber kebingungan. Beberapa mahasiswa menganggap kebebasan lintasan sebagai materi yang sulit karena: 1) mengandung banyak rumus untuk diingat; 2) materi perhitungan dianggap abstrak sehingga sulit dipahami; 3) pertanyaan yang diajukan membingungkan (Sandri & Arafahnisa, 2023).

Selain itu, mahasiswa juga mengalami kebingungan dalam memahami makna rotasi pada teorema rotasi atau curl. Beberapa mahasiswa mengira rotasi di sini merujuk pada rotasi geometris seperti memutar benda, padahal maksud sebenarnya adalah rotasi medan vektor secara matematis yang diukur melalui operator curl. Kesalahpahaman ini menyebabkan kesulitan dalam memeriksa syarat konservatif suatu medan vektor, terutama ketika menghitung turunan parsial dan mencocokkannya sesuai dengan teorema rotasi. Pemahaman mahasiswa terhadap konsep yang didemonstrasikan masih rendah, khususnya dalam mengubah representasi dan mengidentifikasi sifat-sifat konsep (Sujarwanto & Putra, 2016).

Contoh soal yang diberikan dalam modul juga menjadi sumber kebingungan. Mahasiswa seringkali tidak paham mengapa hasil turunan parsial pada beberapa contoh tidak sama, yang mengindikasikan medan tersebut tidak konservatif. Ketika syarat tidak terpenuhi, mahasiswa cenderung ragu apakah perhitungan mereka salah atau memang medan tersebut tidak memiliki fungsi potensial. Hal ini menunjukkan perlunya penekanan ulang mengenai pentingnya syarat $\frac{\partial P}{\partial y} = \frac{\partial Q}{\partial x}$ pada medan vektor dua dimensi, dan kondisi rotasi tiga variabel pada medan vektor tiga dimensi.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran nyata mengenai kesulitan mahasiswa dalam memahami materi kebebasan lintasan pada matakuliah Kalkulus Vektor, sehingga dapat menjadi dasar pengembangan metode pembelajaran yang lebih tepat sasaran.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penulisan artikel ini adalah metode kualitatif deskriptif karena dapat menjelaskan tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendeskripsikan kesulitan mahasiswa dalam mempelajari materi kebebasan lintasan (Fahrurrozi, Hayati, Rastini, & Haliliah, 2022). Data diperoleh melalui wawancara langsung dengan kelompok mahasiswa yang mempelajari materi kebebasan lintasan pada matakuliah Kalkulus Vektor. Wawancara dilakukan dengan pendekatan semi-terstruktur, sehingga responden dapat memberikan jawaban terbuka dan mendetail sesuai dengan pengalaman mereka dalam memahami materi.

Selain wawancara, observasi diskusi kelompok juga dilakukan untuk melihat secara langsung dinamika diskusi mahasiswa ketika membahas soal-soal integral garis, kebebasan lintasan, dan penerapan teorema rotasi. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan teknik reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Fokus analisis difokuskan pada aspek-aspek yang menjadi sumber kesulitan belajar, yaitu pemahaman parameterisasi lintasan, konsep rotasi medan vektor, dan penerapan syarat konservatif.

Keabsahan data dijaga dengan triangulasi data antara hasil wawancara, observasi, dan kajian literatur pada buku ajar Kalkulus Vektor yang digunakan di kelas. Dengan demikian, diharapkan hasil penelitian ini dapat merepresentasikan kondisi nyata kesulitan mahasiswa dalam topik kebebasan lintasan, sekaligus menjadi bahan evaluasi untuk perbaikan metode pengajaran di kelas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil wawancara menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa masih memiliki beberapa keraguan mendasar terkait materi kebebasan lintasan. Hal pertama yang sering menjadi kebingungan adalah bagaimana cara memeriksa apakah suatu integral garis benar-benar bebas lintasan. Mahasiswa umumnya memahami definisi bebas lintasan secara teori, yaitu integral garis hanya bergantung pada titik awal dan titik akhir lintasan, tetapi ketika dihadapkan pada contoh soal, beberapa dari mereka bingung menentukan lintasan alternatif dan membandingkan hasil integralnya.

Dalam wawancara, beberapa mahasiswa juga menanyakan, “Apakah kalau bebas lintasan, hasil integralnya harus selalu sama meskipun lintasannya berbeda?” Pertanyaan ini menunjukkan bahwa mereka memahami inti konsep kebebasan lintasan, tetapi masih ragu dalam implementasi teknisnya. Penjelasan yang tepat untuk pertanyaan tersebut adalah ya jika medan vektor bersifat konservatif (rotasi atau curl-nya nol di domain yang cukup halus dan sederhana), maka nilai integral garis di antara dua titik tertentu akan selalu sama, tidak peduli lintasan mana yang dipilih. Namun, jika medan vektor tidak konservatif, maka hasil integralnya akan berbeda tergantung jalur lintasannya.

Contoh praktis yang diberikan pada wawancara adalah medan vektor $\vec{F} = P(x, y)\mathbf{i} + Q(x, y)\mathbf{j}$ dengan $P = 2x - 8y$, $Q = 4x - 3y$. Dihitung: $\frac{\partial P}{\partial y} = -8$, $\frac{\partial Q}{\partial x} = 4$. Karena $-8 \neq 4$, medan vektor ini tidak konservatif. Dengan demikian, jika lintasan diubah, misalnya dari lintasan lurus menjadi lintasan melengkung, hasil integral garisnya akan berbeda. Ini menegaskan konsep dasar kebebasan lintasan: medan konservatif $\rightarrow$ hasil sama; medan tidak konservatif $\rightarrow$ hasil berbeda.

Mahasiswa juga mengeluhkan kebingungan cara menghubungkan syarat $\frac{\partial P}{\partial y} = \frac{\partial Q}{\partial x}$ dengan hasil integral. Banyak yang hanya menghitung syarat tersebut tanpa memahami bahwa syarat itu sebenarnya

adalah syarat agar medan vektor memiliki fungsi potensial. Jika fungsi potensial ada, maka integral garisnya dapat langsung dihitung dengan mencari nilai fungsi potensial di titik akhir dikurangi titik awal, tanpa perlu menghitung integral sepanjang lintasan. Namun, pada beberapa soal, fungsi potensial tidak diturunkan secara eksplisit, sehingga mahasiswa harus menghitung integral secara parameterik.

Permasalahan parameterisasi juga mendominasi hasil wawancara. Mahasiswa merasa bingung ketika lintasan diberikan dalam bentuk parameter t , misalnya: $x = t$, $y = t^2$, $t \in [0,1]$. Mereka menganggap parameterisasi hanya membuat soal lebih rumit, padahal tujuannya adalah menyederhanakan lintasan sehingga integral dapat dievaluasi dengan satu variabel. Diskusi dengan kelompok lain juga menunjukkan bahwa kebanyakan mahasiswa cenderung menghafal langkah-langkah mekanis tanpa memahami alasan matematis mengapa parameterisasi harus dilakukan.

Kesulitan lain adalah pada interpretasi fisika. Beberapa mahasiswa mengira teorema rotasi berarti suatu medan vektor benar-benar “berputar” seperti baling-baling atau kipas angin. Padahal dalam konteks kalkulus vektor, rotasi (curl) menunjukkan kecenderungan medan vektor untuk berputar di sekitar suatu titik secara infinitesimal, bukan perputaran benda secara nyata. Kesalahpahaman ini berdampak pada cara mahasiswa mengaitkan nilai curl dengan sifat konservatif suatu medan.

Selain aspek teknis, faktor penyebab kesulitan juga berasal dari metode pembelajaran di kelas. Berdasarkan observasi, diskusi di antara mahasiswa masih terfokus pada menyelesaikan soal hitungan saja, sedangkan penguatan konsep dan diskusi interpretasi fisika seringkali diabaikan. Akibatnya, meskipun jawaban hitungannya benar, mahasiswa sering gagal menjelaskan makna di balik langkah-langkah perhitungan tersebut.

Menariknya, beberapa mahasiswa berinisiatif mencoba membandingkan hasil integral garis dengan lintasan berbeda secara manual. Mereka menghitung integral pada lintasan lurus dan kemudian lintasan melengkung. Hasilnya berbeda pada medan tidak konservatif, tetapi sama pada medan konservatif. Upaya ini sebenarnya sangat tepat untuk menguatkan konsep kebebasan lintasan, hanya saja perlu bimbingan lebih lanjut agar pemahaman mahasiswa semakin kokoh.

Secara keseluruhan, wawancara ini menegaskan bahwa akar permasalahan mahasiswa bukan hanya pada kemampuan hitung integral garis, tetapi lebih pada kurangnya pemahaman konsep dasar, keterkaitan syarat konservatif dengan hasil integral, serta makna rotasi atau curl secara matematis. Penulis merekomendasikan agar pembelajaran di kelas lebih menekankan aspek visualisasi lintasan, contoh kasus nyata di bidang fisika atau teknik, serta diskusi interpretasi hasil hitung integral garis dengan berbagai lintasan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil wawancara dan observasi, dapat disimpulkan bahwa kesulitan mahasiswa dalam memahami materi kebebasan lintasan pada matakuliah Kalkulus Vektor terutama terletak pada ketidakpahaman mengenai parameterisasi lintasan dan makna rotasi medan vektor. Mahasiswa cenderung menghafal rumus tanpa memahami tujuan parameter t serta hubungan syarat rotasi dengan sifat konservatif medan vektor. Contoh soal yang tidak dijelaskan secara mendalam juga berkontribusi pada kebingungan ini. Oleh karena itu, diperlukan strategi pembelajaran yang lebih interaktif, dilengkapi dengan visualisasi

lintasan dan medan vektor agar mahasiswa dapat memahami konsep secara konseptual, bukan hanya prosedural.

SARAN

Penulis menyarankan kepada dosen pengampu matakuliah Kalkulus Vektor untuk lebih menekankan konsep parameterisasi lintasan melalui simulasi grafis dan contoh nyata. Selain itu, penjelasan tentang teorema rotasi sebaiknya dilengkapi dengan ilustrasi visual mengenai rotasi medan vektor agar mahasiswa memahami arti curl secara intuitif. Dosen juga disarankan untuk memberikan latihan soal yang bervariasi dengan berbagai jenis lintasan agar mahasiswa terbiasa membedakan integral bebas lintasan dan yang bergantung lintasan. Bagi mahasiswa, diharapkan dapat memperbanyak latihan dan berdiskusi secara aktif agar kesulitan memahami materi dapat diminimalkan.

REFERENSI

- Fahrurrozi, hayati, N., Rastini, & Haliliah. (2022). Analisis Kesulitan Belajar Matematika Materi Integral SMAN 2 Aikmel. *Lambda: Jurnal Pendidikan MIPAn dan Aplikasinya*, 28-29.
- Mahayukti, G. A., Dewi, P. K., Hartawan, G. N., & Jana, P. (2022). Analisis Kesalahan Mahasiswa dalam Mengerjakan Soal Kalkulus Integral dalam Pembelajaran Daring. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 2122-2123.
- Sandri, M., & Arafahnisa, R. (2023). Analisis Kemampuan Pemahaman matematis Mahasiswa pada mata Kuliah Kalkulus. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif Volume 6, No. 2*, 105-107.
- Sujarwanto, E., & Putra, I. A. (2016). Pemahaman dan Penggunaan Kalkulus Vektor pada Elektromagnetik Oleh Mahasiswa di Universitas KH. A. Wahab Hasbullah . *Seminar Nasional Jurusan Fisika FMIPA UM* , 54-58.
- Widiastuti A, T. (2018). Pengembangan Bahan Ajar Mata Kuliah Kalkulus Vektor Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Matematis. *Jurnal Review Pembelajaran Matematika*, 103.