



Analisis Kesulitan Mahasiswa dalam Memahami Konsep Teorema Stokes pada Mata Kuliah Kalkulus Vektor

Farhanul Ichsan¹, Indri Pebrianti², Suci Dahlya Narpila³

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

Alamat: Jl. IAIN No. 1 Medan, Sumatera Utara, Indonesia, 20235

Korespondensi penulis: farhanul0305232064@uinsu.ac.id¹, indri0305233082@uinsu.ac.id²,
sucidahlyanarpila@uinsu.ac.id³

Abstract. This study aims to analyze students' difficulties in understanding the concept of Stokes' Theorem in the Vector Calculus course. The method used is a descriptive qualitative approach with data collected through semi-structured interviews with mathematics education students who have studied the topic. The results show that students struggle to comprehend the relationship between line integrals and surface integrals, as well as to connect the concept of curl with vector direction in three-dimensional space. Limited understanding of prerequisite material and the lack of visual media further exacerbate these difficulties. Students reported that learning methods based on visualization and group discussion were helpful. This study recommends the use of contextual learning strategies and interactive media to improve students' understanding of abstract concepts in Stokes' Theorem.

Keywords: Stokes' Theorem, vector calculus, learning difficulties, vector curl, line integral, surface integral.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesulitan mahasiswa dalam memahami konsep Teorema Stokes pada mata kuliah Kalkulus Vektor. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif deskriptif dengan teknik pengumpulan data berupa wawancara semi-terstruktur terhadap mahasiswa pendidikan matematika yang telah mempelajari materi tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami hubungan antara integral garis dan integral permukaan, serta dalam mengaitkan konsep rotasi (curl) dengan arah vektor pada bidang tiga dimensi. Keterbatasan pemahaman terhadap materi prasyarat dan minimnya penggunaan media visual turut memperparah tingkat kesulitan tersebut. Mahasiswa merasa terbantu dengan metode pembelajaran berbasis visualisasi dan diskusi kelompok. Penelitian ini merekomendasikan penggunaan strategi pembelajaran kontekstual dan media interaktif untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep-konsep abstrak dalam Teorema Stokes.

Kata kunci: Teorema Stokes, kalkulus vektor, kesulitan belajar, rotasi vektor, integral garis, integral permukaan.

1. LATAR BELAKANG

Kalkulus vektor merupakan salah satu materi lanjutan dalam matematika yang menuntut kemampuan berpikir abstrak, terutama dalam memahami hubungan antar konsep dalam ruang tiga dimensi. Salah satu topik penting dalam kalkulus vektor adalah Teorema Stokes, yang menghubungkan antara integral garis dan integral permukaan melalui konsep rotasi (curl). Namun, kompleksitas visual dan konsep dalam teorema ini seringkali menjadi tantangan bagi mahasiswa. Banyak mahasiswa mengalami kesulitan dalam mengaitkan bentuk matematis dengan interpretasi geometrisnya, terutama saat harus memahami hubungan antara medan vektor, kurva batas, dan permukaan orientasi.

Kesulitan dalam memahami Teorema Stokes tidak hanya berasal dari kompleksitas rumus, tetapi juga dari lemahnya pemahaman mahasiswa terhadap materi prasyarat seperti integral garis, integral permukaan, dan rotasi vektor. Studi yang dilakukan oleh Monariska menunjukkan bahwa mahasiswa mengalami hambatan dalam memahami integral karena tidak mampu menghubungkan simbol matematika dengan makna geometrisnya¹. Hal ini berdampak langsung pada pemahaman materi lanjut, termasuk Teorema Stokes. Selain itu, keterbatasan dalam penggunaan media pembelajaran visual juga memperparah tingkat kesulitan, karena mahasiswa hanya berhadapan dengan simbol abstrak tanpa bantuan ilustrasi konkret (Monariska, 2019).

Hasil penelitian lain oleh Muhassanah dan Lukman mengungkapkan bahwa sebagian besar mahasiswa cenderung berpikir prosedural dan kurang memiliki pemahaman konseptual dalam pembelajaran integral. Hal ini berpotensi memengaruhi kemampuan mereka dalam menyusun keterkaitan antara konsep yang membentuk Teorema Stokes. Oleh karena itu, penting untuk melakukan analisis mendalam terhadap kesulitan mahasiswa dalam memahami materi ini, khususnya dengan pendekatan kualitatif yang berbasis pada wawancara langsung. Dengan demikian, hasil analisis dapat digunakan untuk merancang strategi pembelajaran yang lebih efektif dan sesuai dengan kebutuhan kognitif mahasiswa (Muhassanah, 2021).

2. KAJIAN TEORITIS

Teorema Stokes merupakan salah satu hasil penting dalam kalkulus vektor yang menyatakan bahwa integral garis suatu medan vektor di sepanjang batas permukaan sama dengan integral permukaan dari rotasi (curl) medan vektor tersebut pada permukaan itu. Pemahaman terhadap teorema ini menuntut mahasiswa untuk dapat memvisualisasikan hubungan antara arah vektor, orientasi kurva, dan arah permukaan. Selain itu, mahasiswa juga harus mampu menghubungkan konsep rotasi dengan medan vektor tiga dimensi. Kompleksitas ini menjadikan Teorema Stokes sebagai salah satu materi yang menantang dalam pembelajaran kalkulus tingkat lanjut, terutama bagi mahasiswa dengan kemampuan visual-spasial yang terbatas.

Kesulitan dalam memahami konsep Teorema Stokes juga seringkali disebabkan oleh lemahnya keterampilan mahasiswa dalam mengintegrasikan materi sebelumnya, seperti integral garis dan permukaan. Berdasarkan temuan dari Hidayah, Danial, dan Takdir, mahasiswa menunjukkan kesulitan dalam menginterpretasikan konsep integral yang melibatkan lebih dari satu variabel dan bentuk geometris yang kompleks (Hidayah, 2021). Hal ini memperkuat asumsi bahwa kesulitan memahami Teorema Stokes bukan hanya terletak pada

rumus, tetapi juga pada keterkaitan antarkonsep. Oleh karena itu, pemahaman terhadap prasyarat materi menjadi sangat penting sebelum mahasiswa mempelajari teorema ini secara menyeluruh.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif untuk menggambarkan secara mendalam bentuk-bentuk kesulitan yang dialami mahasiswa dalam memahami konsep Teorema Stokes. Data utama diperoleh melalui wawancara semi-terstruktur yang mengacu pada tujuh indikator pertanyaan yang telah dirancang sebelumnya. Subjek penelitian adalah mahasiswa program studi pendidikan matematika yang telah mengikuti mata kuliah Kalkulus Vektor. Pemilihan subjek dilakukan secara purposive berdasarkan kriteria tertentu, yakni mahasiswa yang telah menyelesaikan materi Teorema Stokes. Teknik analisis data meliputi reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan berdasarkan tema kesulitan yang muncul dari hasil wawancara.

Untuk memperkuat validitas data, peneliti menggunakan teknik triangulasi sumber dengan membandingkan jawaban antar partisipan dan mencerminkannya terhadap teori dan hasil penelitian terdahulu. Selain itu, peneliti juga mencatat konteks dan ekspresi non-verbal selama proses wawancara guna menafsirkan makna secara lebih menyeluruh. Metode ini dipilih agar hasil penelitian tidak sekadar menjelaskan fenomena secara permukaan, tetapi mampu menangkap dimensi kognitif dan afektif mahasiswa dalam proses belajar. Menurut Panjaitan, pendekatan berbasis representasi dan visualisasi dalam kalkulus dapat membantu mengungkap kesulitan belajar secara lebih komprehensif (Panjaitan, 2019).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil wawancara, mayoritas mahasiswa mengaku belum memahami konsep Teorema Stokes secara utuh sebelum materi ini diajarkan di kelas. Pengetahuan mereka hanya sebatas definisi umum, tanpa pemahaman mendalam tentang keterkaitan antara integral garis dan integral permukaan. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa membutuhkan fondasi konseptual yang kuat sebelum mempelajari materi ini. Menurut Dika, kesulitan dalam kalkulus sering muncul karena lemahnya penguasaan konsep dasar dan keterbatasan dalam menalar secara spasial. Tanpa pemahaman awal yang baik, mahasiswa cenderung hanya menghafal rumus tanpa mengerti konteks penggunaannya secara geometris atau aplikatif (Salafiya, 2025).

Mahasiswa menyatakan bahwa bagian tersulit dari materi Teorema Stokes adalah memahami kesetaraan antara integral garis dan integral permukaan, khususnya saat

permukaannya berbentuk tidak beraturan. Hal ini diperkuat dengan pengakuan bahwa mereka kesulitan membayangkan bagaimana orientasi vektor bekerja dalam ruang tiga dimensi. Kesulitan ini sesuai dengan temuan Putri, Manfaat, dan Haqq, yang menyatakan bahwa hambatan belajar matematika tidak hanya bersumber dari aspek numerik, tetapi juga dari kendala visualisasi konsep. Visualisasi yang kurang optimal menyebabkan mahasiswa gagal menangkap makna fisik dari rotasi vektor dan keterkaitannya dengan kurva batas (Putri, 2020).

Hasil wawancara juga menunjukkan bahwa mahasiswa mengalami kesulitan saat menghubungkan Teorema Stokes dengan materi sebelumnya, seperti integral garis dan konsep rotasi (curl). Sebagian besar dari mereka mengaku masih bingung dalam menafsirkan arti fisik dari curl, sehingga saat digunakan dalam konteks Stokes, pemahaman mereka menjadi kabur. Hal ini menunjukkan adanya celah dalam kesinambungan materi. Sejalan dengan hal tersebut, Panjaitan menyebutkan bahwa representasi visual sangat penting dalam membantu mahasiswa membangun koneksi antar konsep dalam kalkulus vektor. Tanpa representasi tersebut, mahasiswa cenderung terjebak dalam proses berhitung tanpa makna.

Terkait metode pembelajaran, mahasiswa mengungkapkan bahwa pendekatan visual dan diskusi kelompok sangat membantu mereka dalam memahami Teorema Stokes. Visualisasi berupa animasi atau ilustrasi 3D membuat mereka lebih mudah membayangkan alur vektor dan orientasi permukaan. Diskusi kelompok juga menjadi sarana untuk mengklarifikasi pemahaman. Hal ini mengindikasikan bahwa media pembelajaran yang interaktif dan kolaboratif dapat menjadi solusi untuk mengatasi kesulitan konseptual. Sebagaimana dijelaskan dalam penelitian UM Metro, penggunaan media video dan metode drill-practice dapat meningkatkan motivasi serta pemahaman konsep secara bertahap (Metro, 2023).

Selanjutnya, mahasiswa menyarankan agar pembelajaran Teorema Stokes lebih banyak menggunakan pendekatan berbasis aplikasi nyata, bukan hanya penyelesaian simbolis. Mereka merasa bahwa dengan melihat penerapan langsung dalam dunia nyata, konsep abstrak menjadi lebih mudah dipahami. Selain itu, variasi soal yang menggabungkan aspek konseptual dan kontekstual dinilai dapat memperkuat pemahaman. Temuan ini mendukung gagasan bahwa desain pembelajaran sebaiknya disesuaikan dengan kebutuhan kognitif mahasiswa dan tidak hanya berfokus pada penyelesaian hitung semata. Dengan pendekatan ini, diharapkan mahasiswa tidak hanya memahami rumus, tetapi juga makna di balik rumus tersebut.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa mahasiswa mengalami berbagai kesulitan dalam memahami konsep Teorema Stokes. Kesulitan tersebut mencakup keterbatasan pemahaman terhadap konsep dasar, seperti integral garis, integral permukaan, dan rotasi vektor. Selain itu, mahasiswa juga kesulitan dalam membayangkan hubungan antara orientasi permukaan dan arah vektor secara spasial. Kurangnya media visual dan keterbatasan dalam penguasaan materi prasyarat turut memperparah kesulitan yang mereka alami selama pembelajaran Kalkulus Vektor, khususnya pada bagian yang berkaitan dengan Teorema Stokes.

Mahasiswa menyatakan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis visualisasi serta diskusi kelompok sangat membantu dalam memperjelas konsep yang abstrak. Oleh karena itu, diperlukan strategi pembelajaran yang lebih interaktif dan aplikatif agar mahasiswa tidak hanya memahami prosedur perhitungan, tetapi juga mampu mengaitkan rumus dengan makna geometrisnya. Penerapan media animasi, ilustrasi tiga dimensi, dan soal kontekstual berbasis dunia nyata sangat disarankan untuk mengatasi kesulitan belajar. Dengan strategi yang tepat, pembelajaran Teorema Stokes dapat menjadi lebih bermakna dan mendorong pemahaman konsep yang mendalam bagi mahasiswa.

6. DAFTAR REFERENSI

- Hidayah, S. D. (2021). Diagnostik Kesulitan Belajar Mahasiswa Pada Mata Kuliah Kalkulus Program Studi Tadris Matematika IAIM Sinjai. *Jurnal Al-Mustashfa*, 5(1), 40–52.
- Metro, U. M. (2023). Pengembangan Pembelajaran Drill and Practice Berbantuan Video pada Materi Kalkulus. *Jurnal Pembelajaran Inovatif*, 9(1), 45–53.
- Monariska. (2019). Analisis Kesulitan Belajar Mahasiswa pada Materi Integral. *Jurnal Analisa*, 1(1), 15–23.
- Muhassanah, N. &. (2021). Analisis Masalah Belajar Mahasiswa pada Materi Integral Ditinjau dari Perspektif Disposisi Matematis. *Jurnal Analisa*, 7(2), 101–114.
- Panjaitan, P. M. (2019). Peranan Representasi Berbantuan Software Maple pada Pembelajaran Mata Kuliah Kalkulus. *Jurnal Ganjil Matematika dan Pendidikan Matematika*, 4(2), 33–40.
- Putri, H. M. (2020). Desain Didaktis Pembelajaran Matematika untuk Mengatasi Hambatan Belajar pada Materi Matriks. *Jurnal EduMath*, 6(1), 12–21.
- Salafiya, T. I. (2025). Kesulitan Mahasiswa Pendidikan Matematika Universitas Negeri Semarang dalam Memahami Konsep Kalkulus Integral. *Jurnal Angka: Rumpun Teknik, Matematika, dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2(1), 93–108.