



ANALISIS KESULITAN MAHASISWA PADA MATERI TEOREMA STOKES PADA MATA KULIAH KALKULUS VEKTOR

ANALYSIS OF STUDENTS' DIFFICULTIES IN STOKES' THEOREM MATERIAL IN VECTOR CALCULUS COURSE

Suci Dahlya Narpila¹, Rizki Adinda Azhar Tanjung², Cindy Mei Yana Munthe³,
Zaidan Rafif⁴

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

Email: sucidahlyanarpila@uinsu.ac.id¹, Rizki0305231021@uinsu.ac.id², cindy0305231003@uinsu.ac.id³,
zaidan0305231019@uinsu.ac.id⁴

Article Info

Article history :

Received : 17-06-2025

Revised : 18-06-2025

Accepted : 20-06-2025

Published : 22-06-2025

Abstract

This study aims to analyze the difficulties experienced by students in understanding and applying Stokes' Theorem in the Vector Calculus course. Stokes' Theorem is an advanced calculus concept that requires a deep understanding of line integrals, surface integrals, and spatial visualization in three-dimensional space. This research employs a qualitative method with a case study approach, involving three students who had previously studied the topic. Data were collected through open-ended interviews and analyzed to identify patterns in understanding, encountered difficulties, and learning strategies used. The findings reveal that the main challenges faced by students include the process of surface parametrization and applying curve orientation based on the right-hand rule. Furthermore, a weak conceptual understanding of surface integrals contributes to these difficulties. However, the use of visual media such as three-dimensional simulations, contextual problem-solving exercises, group discussions, and supplementary learning resources significantly improved student comprehension. This study recommends the implementation of interactive, visual-based teaching strategies to bridge the gap between conceptual understanding and practical application of Stokes' Theorem. Let me know if you'd like help creating a journal title in English, keywords, or introduction section to match this abstract.

Keywords: *Stokes' Theorem, Vector Calculus, Spatial Visualization*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesulitan yang dialami mahasiswa dalam memahami dan menerapkan Teorema Stokes pada mata kuliah Kalkulus Vektor. Teorema Stokes merupakan konsep lanjutan dalam kalkulus yang memerlukan pemahaman mendalam tentang integral garis, integral permukaan, serta kemampuan visualisasi spasial dalam ruang tiga dimensi. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan studi kasus, melibatkan tiga mahasiswa yang telah mempelajari materi Teorema Stokes. Data dikumpulkan melalui wawancara terbuka dan dianalisis untuk mengidentifikasi pola pemahaman, kesulitan yang dihadapi, serta strategi belajar yang digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kesulitan utama mahasiswa terletak pada proses parametrisasi permukaan dan penerapan orientasi kurva berdasarkan aturan tangan kanan. Selain itu, lemahnya pemahaman terhadap makna konseptual integral permukaan turut menjadi kendala. Meskipun demikian, penggunaan media visual seperti simulasi tiga dimensi, latihan soal kontekstual, diskusi kelompok, serta sumber belajar tambahan secara signifikan membantu meningkatkan pemahaman mahasiswa. Penelitian ini merekomendasikan penerapan pendekatan pembelajaran interaktif berbasis visual untuk menjembatani pemahaman konseptual dan aplikatif mahasiswa terhadap materi Teorema Stokes.

Kata kunci : Teorema Stokes, Kalkulus Vektor, Visualisasi Spasial



PENDAHULUAN

Mata kuliah Kalkulus Vektor merupakan salah satu bagian penting dalam kurikulum program studi pendidikan matematika. Kalkulus vektor merupakan cabang lanjutan dalam kalkulus yang membahas konsep-konsep seperti medan vektor, integral garis, integral permukaan, divergensi, rotasi, dan gradien dalam ruang tiga dimensi. Pemahaman terhadap konsep ini sangat penting, terutama bagi mahasiswa program studi pendidikan matematika karena menjadi dasar dalam memahami fenomena fisika maupun aplikasi rekayasa. Namun, karena sifatnya yang sangat abstrak dan memerlukan kemampuan visualisasi spasial yang tinggi, banyak mahasiswa yang mengalami kesulitan dalam memahami keterkaitan antar konsep dalam kalkulus vektor (Dedy et al., 2012).

Salah satu topik yang menjadi tantangan tersendiri dalam kalkulus vektor adalah Teorema Stokes. Teorema ini menyatakan bahwa integral garis suatu medan vektor di sepanjang kurva tertutup sama dengan integral permukaan dari rotasi medan tersebut pada permukaan yang dibatasi oleh kurva tersebut (Stewart, 2016). Dalam praktiknya, teorema ini sering digunakan untuk menyederhanakan perhitungan integral permukaan menjadi integral garis atau sebaliknya. Namun, mahasiswa kerap kali kesulitan dalam menerapkan konsep ini, khususnya saat menentukan orientasi kurva dan arah vektor normal berdasarkan aturan tangan kanan (Dr. Lukman & Endang Dedy, 2023).

Kesulitan-kesulitan yang muncul umumnya tidak hanya disebabkan oleh rumitnya bentuk soal, tetapi juga oleh kemampuan mahasiswa dalam memahami konsep dasar integral dan transformasinya. Banyak dari mereka lebih fokus pada prosedur tanpa benar-benar memahami makna di balik langkah-langkah tersebut. Hal ini menyebabkan kesalahan dalam menyelesaikan soal ketika bentuknya sedikit berbeda dari contoh yang pernah dipelajari (Monariska, 2019). Kondisi ini menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran yang digunakan dalam menyampaikan materi masih belum sepenuhnya berhasil menjembatani pemahaman konseptual dan aplikatif mahasiswa.

Kurangnya media visual dan pembelajaran berbasis representasi spasial juga turut memperburuk keadaan. Dalam memahami teorema seperti Stokes, visualisasi tiga dimensi sangat penting untuk membayangkan hubungan antara bidang, arah rotasi, dan lintasan tertutup. Jika materi hanya disampaikan dalam bentuk rumus tanpa penekanan pada interpretasi geometrisnya, maka besar kemungkinan mahasiswa hanya akan menghafal rumus tanpa memahami prinsip kerjanya. Oleh karena itu, perlu adanya analisis mendalam terkait kesulitan mahasiswa dalam memahami Teorema Stokes agar dosen dapat menyusun strategi pembelajaran yang lebih tepat sasaran.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Metode ini dipilih karena fokus utama penelitian adalah untuk memahami secara mendalam bagaimana pemahaman mahasiswa terhadap materi Teorema Stokes, serta bagaimana pengalaman mereka dalam mempelajari konsep tersebut, tanpa bergantung pada data numerik atau statistik. Data dikumpulkan melalui wawancara kepada tiga orang mahasiswa dari kelompok lain yang telah mempelajari materi Teorema Stokes dalam mata kuliah Kalkulus Vektor. Wawancara dilakukan dengan menggunakan daftar pertanyaan terbuka yang telah disusun sebelumnya dengan tujuan



menggali pendapat, kesulitan yang dialami, serta strategi belajar yang digunakan oleh masing-masing responden.

Jawaban yang diperoleh dianalisis secara cermat untuk menemukan pola-pola umum serta keunikan pada setiap responden. Selanjutnya hasil tersebut disusun kembali secara tersusun dan dengan bahasa yang mudah dipahami agar dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai tingkat pemahaman mahasiswa, tantangan yang dihadapi, serta pendekatan belajar yang dianggap paling efektif. Dengan pendekatan ini, diharapkan penelitian dapat menjadi bahan pertimbangan dalam mengevaluasi proses pembelajaran pada materi kalkulus vektor khususnya pada topik penerapan Teorema Stokes.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengisian kuesioner oleh 3 mahasiswa yang telah mempelajari materi Teorema Stokes, diperoleh gambaran pemahaman yang cukup baik mengenai konsep dasar teorema tersebut. Responden menyatakan bahwa secara umum Teorema Stokes menghubungkan integral garis dengan integral permukaan, di mana persoalan integral garis dapat diselesaikan melalui konsep integral permukaan, dan sebaliknya. Pemahaman ini menunjukkan adanya kesadaran terhadap hubungan fundamental antara kedua jenis integral dalam konteks kalkulus vektor.

Namun demikian, responden mengungkapkan bahwa bagian tersulit dalam mempelajari integral permukaan adalah memahami konsep integral permukaan itu sendiri. Meski demikian, aspek visualisasi dalam bentuk permukaan tiga dimensi dinilai sangat membantu dalam menganalisis dan memahami konsep tersebut. Visualisasi tersebut mempercepat proses pemahaman serta memudahkan penerapan integral permukaan dalam bentuk persamaan matematis umum.

Kesulitan juga muncul pada penerapan rumus integral permukaan, terutama ketika harus mengonversi persamaan geometris seperti setengah bola ke dalam bentuk parametrik. Responden menyebutkan bahwa proses menentukan persamaan parametrik merupakan bagian yang menantang. Namun, setelah tahap parametrik selesai, langkah memasukkan persamaan ke dalam rumus integral garis dapat dilakukan dengan lebih lancar dan tidak membingungkan.

Dalam hal strategi pembelajaran, responden menilai bahwa latihan soal dengan variasi konteks sangat membantu dalam membedakan kapan menggunakan integral garis dan kapan menggunakan integral permukaan. Hal ini memperlihatkan bahwa latihan aplikatif berperan penting dalam memperkuat pemahaman konsep teorema. Responden juga menyatakan bahwa teori teorema Stokes tidak terlalu abstrak jika dipelajari dengan seksama dan teliti, apalagi dengan bantuan visualisasi tiga dimensi. Visualisasi ini dianggap sebagai media yang sangat efektif dalam menghubungkan konsep teorema dengan contoh nyata, sehingga mengurangi kesulitan dalam memahami materi.

Untuk memperdalam pemahaman, responden menggunakan sumber belajar tambahan berupa buku lain, video pembelajaran di YouTube, serta berdiskusi aktif dengan teman sekelompok. Diskusi dan tanya jawab selama proses pembelajaran memberikan kontribusi positif dalam meningkatkan fokus dan ketelitian dalam menyelesaikan soal. Saran yang diberikan oleh responden agar materi ini lebih mudah dipahami adalah dengan meningkatkan interaksi diskusi antar mahasiswa, menyediakan latihan soal yang beragam, serta tidak terpaku pada satu jenis soal



saja. Pendekatan yang bervariasi ini diharapkan dapat memperkaya pengalaman belajar dan memperkuat penguasaan materi.

Secara khusus, penggunaan media visual dan simulasi tiga dimensi dianggap sangat penting dan membantu dalam mengaplikasikan konsep integral permukaan dan integral garis ke dalam konteks nyata. Hal ini menegaskan pentingnya pemanfaatan teknologi dan metode pembelajaran interaktif untuk mendukung proses pembelajaran kalkulus vektor secara efektif.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa mahasiswa program studi pendidikan matematika masih menghadapi berbagai kesulitan konseptual dan teknis dalam memahami serta menerapkan Teorema Stokes dalam mata kuliah Kalkulus Vektor. Teorema ini, meskipun secara teoritis menghubungkan integral garis dan integral permukaan dalam kerangka medan vektor, memerlukan pemahaman yang mendalam terhadap berbagai elemen penting seperti konsep dasar integral. Mahasiswa menunjukkan kesulitan khusus dalam mengonversi bentuk geometris ke bentuk parametrik, yang menjadi tahap krusial dalam menyusun perhitungan integral permukaan. Selain itu, lemahnya kemampuan visualisasi spasial menyebabkan keterbatasan dalam membayangkan relasi antara kurva tertutup dan permukaan yang membatasinya, yang pada akhirnya berdampak pada rendahnya ketepatan dalam penerapan konsep tersebut.

Faktor lain yang turut berkontribusi terhadap kesulitan ini adalah pendekatan pembelajaran yang masih berorientasi pada hafalan rumus dan prosedur algoritmik, tanpa menekankan pada makna konseptual dan interpretasi geometris yang mendasari Teorema Stokes. Minimnya penggunaan media pembelajaran berbasis visualisasi juga menjadi penghambat signifikan dalam proses pembelajaran. Padahal, berdasarkan wawancara dan pengalaman subjek penelitian, strategi pembelajaran yang melibatkan visualisasi tiga dimensi, latihan soal berbasis kontekstual, diskusi kelompok, serta pemanfaatan sumber belajar tambahan seperti buku referensi dan video edukatif, terbukti mampu memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan pemahaman mahasiswa.

Dengan demikian, penting bagi para pendidik untuk merancang strategi pembelajaran yang tidak hanya menyajikan materi secara prosedural, tetapi juga menekankan aspek representasi visual dan pemahaman konseptual. Pendekatan pembelajaran yang interaktif, kolaboratif, dan didukung oleh media berbasis teknologi visual perlu diintegrasikan secara sistematis ke dalam pembelajaran Kalkulus Vektor. Upaya ini diharapkan dapat menjembatani kesenjangan antara pemahaman teoretis dan kemampuan aplikatif mahasiswa, sehingga mereka mampu menerapkan Teorema Stokes secara tepat dalam berbagai konteks permasalahan matematis maupun fenomena fisika yang relevan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dedy, E., Mulyana, E., & Sudihartinih, E. (2012). *PYTHAGORAS: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika PENGEMBANGAN BAHAN AJAR KALKULUS VEKTORBERDASARKAN MODEL PEMBELAJARAN*. 7(1), 101–110.
- Dr.lukman, M. S., & Endang Dedy, M. (2023). *Kalkulus Vektor*.
- Monariska, E. (2019). Analisis kesulitan belajar mahasiswa pada materi integral. *Jurnal Analisa*, 5(1), 9–19. <https://doi.org/10.15575/ja.v5i1.4181>
- Stewart, J. (2016). *Calculus: early transcendentals 8th edition*. Cengage Learning.