



## Analisis Kesulitan Belajar Mahasiswa dalam Mempelajari Teorema Stokes pada Mata Kuliah Kalkulus Vektor

**Septiani Agustina Siregar**

*septiani0305233107@uinsu.ac.id*

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

**Alivia Ivo Amirah Ghania Nasution**

*alivia0305233109@uinsu.ac.id*

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

**Eka Elsiani Tanjung**

*elsiani0305233114@uinsu.ac.id*

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

**Suci Dahlya Narpila**

*sucidahlyanarpila@uinsu.ac.id*

Prodi Pendidikan Matematika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

Korespondensi penulis : *septiani0305233107@uinsu.ac.id*

***Abstract** This study aims to analyze students' learning difficulties in understanding Stokes' Theorem in the Vector Calculus course. The method used is descriptive qualitative with data collection techniques through interviews with students who have taken the Vector Calculus course. The results of the study indicate that students have difficulty in understanding the relationship between line and surface integrals, determining the normal orientation of the surface according to the right-hand rule, and performing proper surface parameterization. In addition, the complexity of calculating the rotation of the vector field is also a challenge. Students suggest the use of interactive visual media and gradual exercises as effective strategies in facilitating understanding of the concept. This study provides important recommendations for lecturers and curriculum developers to improve the quality of Vector Calculus learning through a more applicable and visual approach.*

***Keywords:** Vector Calculus, Learning difficulties, Stokes' Theorem.*

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesulitan belajar mahasiswa dalam memahami Teorema Stokes pada mata kuliah Kalkulus Vektor. Metode yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan teknik pengumpulan data melalui wawancara kepada mahasiswa yang telah menempuh mata kuliah Kalkulus Vektor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami hubungan antara integral garis dan permukaan, menentukan orientasi normal permukaan sesuai aturan tangan kanan, serta melakukan parameterisasi permukaan yang tepat. Selain itu, kompleksitas perhitungan rotasi medan vektor juga menjadi tantangan tersendiri. Mahasiswa menyarankan penggunaan media visual interaktif dan latihan bertahap sebagai strategi yang efektif dalam mempermudah pemahaman konsep. Penelitian ini memberikan rekomendasi penting bagi dosen dan pengembang kurikulum untuk meningkatkan kualitas pembelajaran Kalkulus Vektor melalui pendekatan yang lebih aplikatif dan visual.

**Kata kunci:** Kalkulus Vektor, Kesulitan belajar, Teorema Stokes.

### PENDAHULUAN

Kalkulus Vektor merupakan salah satu mata kuliah fundamental yang memiliki peranan penting dalam pengembangan kemampuan berpikir analitis mahasiswa di bidang

sains dan teknik. Mata kuliah ini mempelajari konsep-konsep kalkulus yang diterapkan dalam ruang tiga dimensi, seperti integral garis, integral permukaan, divergensi, rotasi (curl), dan berbagai teorema penting, salah satunya adalah Teorema Stokes (Widiastuti, 2018, p. 103).

Teorema Stokes, atau teorema (tentang) curl, adalah teorema yang menghubungkan dua pernyataan integral. Ruas kiri persamaan Teorema Stokes adalah integral curl suatu medan vektor pada suatu luasan, sedang ruas kanan adalah integral medan vektor yang sama menyusuri garis yang membatasi luasan pada ruas kiri persamaan (Nuriyah & Juono, 2017, p. 19). Teorema Stokes merupakan jembatan antara integral garis suatu medan vektor di sepanjang kurva tertutup dengan integral permukaan dari rotasi medan vektor tersebut pada permukaan yang dibatasi oleh kurva tersebut (Narpila, 2023, p. 184). Konsep ini memiliki peranan strategis dalam berbagai disiplin ilmu, khususnya dalam bidang fisika, teknik elektro, teknik mesin, dan berbagai cabang ilmu lainnya yang berkaitan dengan analisis medan vektor.

Meskipun memiliki peranan yang sangat penting, kenyataannya Teorema Stokes masih menjadi salah satu materi yang dianggap sulit oleh sebagian besar mahasiswa. Kompleksitas konsep serta keterampilan visualisasi ruang tiga dimensi yang dibutuhkan membuat banyak mahasiswa mengalami hambatan dalam memahami dan menerapkannya secara tepat. Permasalahan ini tidak hanya berkaitan dengan penguasaan konsep matematis, tetapi juga berkaitan dengan keterbatasan media pembelajaran yang dapat membantu mahasiswa memvisualisasikan konsep-konsep tersebut dengan lebih baik.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi kesulitan yang dihadapi mahasiswa dalam memahami konsep Teorema Stokes serta menggali strategi pembelajaran yang digunakan untuk mengatasi kesulitan tersebut. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh rekomendasi yang dapat menjadi acuan dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran Kalkulus Vektor, khususnya pada materi Teorema Stokes, agar mahasiswa dapat memperoleh pemahaman yang lebih baik, menyeluruh, dan aplikatif.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif, yaitu metode yang jenis penelitian yang bertujuan untuk menggambarkan atau memaparkan suatu gejala, peristiwa, atau kejadian secara sistematis sesuai dengan kondisi nyata yang terjadi dalam suatu populasi (Siregar, 2019, p. 5). Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan dan menjelaskan kesulitan yang dialami mahasiswa dalam memahami Teorema Stokes pada mata kuliah Kalkulus Vektor. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara kepada beberapa mahasiswa yang sudah pernah mempelajari materi Teorema Stokes. Wawancara dilakukan secara langsung dengan menggunakan beberapa pertanyaan terbuka. Pertanyaan tersebut disusun untuk mengetahui bagian mana dari Teorema Stokes yang dianggap sulit dan alasan mengapa bagian tersebut sulit dipahami.

Mahasiswa yang dijadikan responden dipilih secara sengaja (*purposive*), yaitu mereka yang sudah menempuh atau sedang mengikuti mata kuliah Kalkulus Vektor. Data hasil wawancara dianalisis dengan meringkas data (*reduksi data*), menyajikan data dalam bentuk kutipan atau ringkasan jawaban, dan menarik kesimpulan dari hasil temuan di lapangan (Rachman et al., 2024).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### ***Hasil***

Berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa mahasiswa yang telah menempuh mata kuliah Kalkulus Vektor, diperoleh sejumlah temuan terkait kesulitan belajar dalam memahami materi Teorema Stokes. Berikut adalah kesimpulan dari hasil wawancaranya:

1. Bagaimana pendapat Anda tentang mata kuliah Kalkulus Vektor secara umum?

Secara umum, saya merasa mata kuliah Kalkulus Vektor merupakan salah satu mata kuliah yang menantang namun sangat penting. Mata kuliah ini membuka wawasan baru tentang bagaimana konsep kalkulus dapat diterapkan dalam ruang tiga dimensi, yang sebelumnya belum banyak dibahas di mata kuliah kalkulus biasa. Meskipun cukup berat, saya merasa materi yang diajarkan relevan dan membantu dalam memahami fenomena fisik dan teknik secara lebih mendalam, seperti aliran fluida, medan gaya, dan sebagainya.

2. Materi apa yang menurut Anda paling sulit dipahami selama belajar Kalkulus Vektor? Mengapa?

Materi yang menurut saya paling sulit adalah integral permukaan dan penerapannya dalam Teorema Stokes. Hal ini karena pemahaman konsepnya tidak hanya membutuhkan penguasaan kalkulus integral, tetapi juga kemampuan membayangkan orientasi permukaan dan arah vektor normal dalam ruang tiga dimensi. Selain itu, proses perhitungannya juga cukup kompleks dan panjang, sehingga sering kali saya merasa kesulitan untuk memastikan apakah langkah yang saya ambil sudah benar atau belum.

3. Menurut Anda, apa bagian tersulit dari materi Teorema Stokes?

Menurut saya, bagian tersulit dari materi Teorema Stokes adalah memahami hubungan antara integral garis dan integral permukaan, terutama dalam menentukan arah normal vektor permukaan yang sesuai dengan orientasi lintasan tertutup. Selain itu, menghitung rotasi ( $\nabla \times F$ ) dari suatu medan vektor juga bisa membingungkan, apalagi jika komponen vektornya rumit atau dalam tiga dimensi. Proses mengubah integral garis menjadi integral permukaan (atau sebaliknya) juga membutuhkan pemahaman yang kuat terhadap geometri dari bidang atau permukaan yang digunakan.

4. Bagaimana Anda mengartikan hubungan antara integral garis dan integral permukaan dalam Teorema Stokes?

Saya mengartikan bahwa integral garis dan integral permukaan dalam Teorema Stokes saling berhubungan melalui rotasi medan vektor. Teorema Stokes menyatakan bahwa integral garis suatu medan vektor di sepanjang kurva tertutup sama dengan integral permukaan dari rotasi medan vektor tersebut pada permukaan yang dibatasi oleh kurva tersebut. Artinya, informasi dari medan vektor yang berada di sepanjang kurva dapat juga diperoleh dari informasi di seluruh permukaan.

5. Apa kesulitan terbesar Anda saat menghitung integral permukaan dengan menggunakan Teorema Stokes?

Kesulitan terbesar saya adalah saat menghitung rotasi (curl) dari medan vektor dan menentukan parameterisasi permukaan yang tepat. Kadang, bentuk permukaan yang tidak sederhana membuat saya bingung dalam menetapkan batas-batas integral dan menyusun bentuk parametriknya.

6. Apakah Anda pernah mengalami kebingungan saat menentukan orientasi positif dari kurva tertutup? Jika ya, jelaskan alasannya.

Ya, saya pernah mengalami kebingungan terutama saat bentuk permukaan tidak datar atau kurva batasnya tidak sejajar dengan sumbu utama. Sulit membayangkan arah yang sesuai dengan aturan tangan kanan, sehingga saya ragu apakah orientasi kurva sudah benar atau belum.

7. Langkah mana dalam penerapan Teorema Stokes yang menurut Anda paling sulit dilakukan?

Menurut saya, langkah paling sulit adalah menyusun parameterisasi permukaan dan memastikan arah normal permukaannya sesuai dengan orientasi kurva batas. Kesalahan kecil dalam orientasi bisa mempengaruhi hasil akhir, dan itu memerlukan pemahaman visual yang kuat.

8. Pernahkah Anda kesulitan dalam mengubah parameterisasi permukaan ke kurva batas tertutup? Jelaskan.

Pernah. Hal ini biasanya terjadi saat permukaan memiliki bentuk melengkung atau tidak terletak pada bidang datar, seperti permukaan paraboloid atau bola. Saya kesulitan menentukan hubungan antara titik-titik pada permukaan dengan titik-titik pada kurva batasnya dalam bentuk parameter.

9. Strategi belajar seperti apa yang Anda gunakan untuk memahami Teorema Stokes, dan apakah menurut Anda strategi tersebut efektif?

Strategi saya adalah belajar melalui contoh soal visual, menonton video pembelajaran, dan mencoba menggambar permukaan serta kurva batasnya sendiri. Saya juga sering berdiskusi dengan teman atau dosen untuk mengklarifikasi konsep. Menurut saya, strategi ini cukup efektif karena membantu saya memahami konsep secara bertahap dan tidak hanya menghafal rumus.

10. Apa saran Anda untuk mempermudah pembelajaran materi Teorema Stokes bagi mahasiswa lainnya?

Saran saya adalah lebih banyak menggunakan media visual seperti gambar, animasi, atau aplikasi 3D untuk menunjukkan hubungan antara permukaan dan kurva. Selain itu, dosen juga bisa memberikan soal-soal bertahap dari yang sederhana hingga kompleks agar mahasiswa tidak merasa kewalahan sejak awal. Diskusi kelompok dan latihan bersama juga bisa membantu memperkuat pemahaman.

### **Pembahasan**

Secara umum, mahasiswa memandang Kalkulus Vektor sebagai mata kuliah yang penting namun menantang. Tantangan muncul ketika mahasiswa dihadapkan pada konsep-konsep abstrak dalam ruang tiga dimensi. Salah satu materi yang paling sulit dipahami adalah integral permukaan dan kaitannya dengan Teorema Stokes. Kesulitan ini disebabkan oleh beberapa hal. Pertama, mahasiswa harus memahami hubungan antara integral garis dan integral permukaan, yang tidak hanya bersifat matematis tetapi juga memerlukan pemahaman visual dan spasial yang baik. Hal ini mencakup kemampuan membayangkan bentuk permukaan, arah vektor normal, serta orientasi kurva tertutup.

Mahasiswa mengaku bahwa mereka sering bingung dalam menentukan arah normal permukaan yang sesuai dengan orientasi kurva berdasarkan aturan tangan kanan. Kesalahan dalam menentukan orientasi ini bisa menyebabkan hasil perhitungan salah arah atau bertanda negatif. Tantangan lainnya adalah ketika mahasiswa diminta menghitung rotasi ( $\nabla \times F$ ) dari medan vektor, terutama jika bentuk medan vektor kompleks dan berada dalam ruang tiga dimensi.

Mahasiswa juga menyebut bahwa langkah tersulit dalam penerapan Teorema Stokes adalah menyusun parameterisasi permukaan dan menghubungkannya dengan kurva batas tertutup. Permukaan yang tidak datar, seperti paraboloid atau permukaan bola, menambah kesulitan dalam menentukan batas integral dan hubungan antar titik pada permukaan dan kurva batas.

Dalam proses pembelajaran, mahasiswa mencoba berbagai strategi untuk memahami materi ini, antara lain dengan menggunakan media visual, seperti gambar, video pembelajaran, serta diskusi kelompok dan latihan bersama. Strategi tersebut dinilai cukup membantu, terutama dalam membangun pemahaman konsep secara bertahap.

Sebagai saran, mahasiswa berharap pembelajaran Teorema Stokes dapat didukung dengan penggunaan media pembelajaran interaktif, seperti animasi 3D atau simulasi grafik, serta diberikan latihan soal bertahap, dari soal sederhana hingga kompleks. Pendekatan seperti ini dinilai lebih efektif dalam membangun pemahaman yang kuat terhadap materi yang abstrak dan kompleks seperti Teorema Stokes.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil wawancara dan analisis data, dapat disimpulkan bahwa mahasiswa menghadapi berbagai kesulitan dalam memahami materi Teorema Stokes pada mata kuliah Kalkulus Vektor. Kesulitan tersebut meliputi pemahaman konsep hubungan antara integral garis dan integral permukaan, menentukan arah normal permukaan yang sesuai dengan aturan tangan kanan, serta melakukan parameterisasi permukaan dengan benar. Kompleksitas perhitungan rotasi medan vektor ( $\nabla \times F$ ) dan kesulitan visualisasi ruang tiga dimensi juga menjadi faktor utama yang menghambat pemahaman mahasiswa.

Strategi pembelajaran yang mereka gunakan meliputi diskusi, penggunaan video pembelajaran, serta latihan soal bertahap. Mahasiswa mengusulkan agar pembelajaran Teorema Stokes lebih difokuskan pada media visual interaktif seperti animasi 3D, serta diberikan latihan bertingkat untuk membangun pemahaman secara progresif. Rekomendasi ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran dan membantu mahasiswa menguasai konsep-konsep penting dalam Kalkulus Vektor secara lebih menyeluruh dan aplikatif.

## REFERENSI

- Narpila, S. D. (2023). *Kalkulus Vektor*.
- Nuriyah, L., & Juono. (2017). *Electromagnetisme*. UB Press.
- Rachman, A., Yochanan, Samanlangi, I. A., & Purnomo, H. (2024). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. CV Saba Jaya Publisher.
- Siregar, F. N. (2019). Analisi Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Matematika. *Logaritma: Jurnal Ilmu-Ilmu Pendidikan Dan Sains*, 7(1), 1–14.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.24952/logaritma.v7i01.1660>
- Widiastuti, T. (2018). Pengembangan Bahan Ajar Mata Kuliah Kalkulus Vektor untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Matematis. *Jurnal Review Pembelajaran Matematika*, 3(2), 102–103.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.15642/jrpm.2018.3.2.102-113>