

Doi: 10.47662/jkpm.v5i2.1306

## Analysis of mechanical engineering students' errors in solving calculus problems on function derivatives

Nina Faoziyah<sup>1\*</sup>, Didi Kusaeri<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Muhammadiyah Tegal, Indonesia

\*Corresponding author: [ninafaoziyah@gmail.com](mailto:ninafaoziyah@gmail.com)<sup>1\*</sup>, [didiku1988@gmail.com](mailto:didiku1988@gmail.com)<sup>2</sup>

---

### ABSTRACT

*Understanding calculus concepts, especially derivatives, is very important for Mechanical Engineering students to apply mathematical principles in an engineering context. This study aims to analyze the types of errors made by students when solving derivative problems and the factors that influence these errors. The approach used is descriptive qualitative with 30 students of the Mechanical Engineering Study Program at Tegal Muhammadiyah University in the 2025/2026 academic year. Data were collected through written tests and interviews, then analyzed using triangulation to ensure validity. The results of the study show that there are three main categories of errors: conceptual, procedural, and technical. Conceptual errors occurred due to a weak understanding of derivative principles. Procedural errors arose when students understood the concept but made mistakes in symbolic manipulation, while technical errors stemmed from mechanical errors, such as copying questions or incorrect arithmetic calculations. Learning strategies that emphasize conceptual understanding and gradual practice can help reduce student errors.*

---

### Keywords:

*Student errors; Derivatives; Mathematics learning*

---

## Analisis Kesalahan Mahasiswa Teknik Mesin dalam Menyelesaikan Masalah Kalkulus Pada Turunan Fungsi

---

### ABSTRAK

Pemahaman konsep kalkulus, khususnya turunan, sangat penting bagi mahasiswa Teknik Mesin untuk menerapkan prinsip matematika dalam konteks rekayasa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jenis kesalahan yang dilakukan mahasiswa saat menyelesaikan soal turunan serta faktor-faktor yang memengaruhi kesalahan tersebut. Pendekatan yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan 30 mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tegal tahun ajaran 2025/2026. Data dikumpulkan melalui tes tertulis dan wawancara, kemudian dianalisis menggunakan triangulasi untuk memastikan validitas. Hasil penelitian menunjukkan terdapat tiga kategori kesalahan utama: konseptual, prosedural, dan teknis. Kesalahan konseptual terjadi karena pemahaman yang lemah terhadap prinsip turunan. Kesalahan prosedural muncul ketika mahasiswa memahami konsep tetapi salah dalam manipulasi simbolik, sedangkan kesalahan teknis berasal dari kesalahan mekanis, seperti menyalin soal atau perhitungan aritmatika yang keliru. Strategi pembelajaran yang menekankan pemahaman konsep dan latihan bertahap dapat membantu mengurangi kesalahan mahasiswa.

---

### Kata Kunci:

Kesalahan mahasiswa; Turunan; Pembelajaran matematika

## PENDAHULUAN

Pemahaman matematika, khususnya kalkulus, memiliki peran penting dalam pendidikan teknik mesin karena menjadi dasar dalam menganalisis berbagai fenomena teknik seperti gerak rotasi, perpindahan panas, dan elastisitas material. Namun, mahasiswa sering menghadapi kesulitan dalam menyelesaikan soal turunan, baik karena kesalahan perhitungan maupun keterbatasan dalam memahami konsep dasar kalkulus [1]. Kekeliruan tersebut berdampak pada kemampuan mahasiswa dalam menerapkan prinsip-prinsip matematis untuk memecahkan permasalahan teknik di dunia kerja.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kesalahan mahasiswa dalam menyelesaikan soal kalkulus umumnya terbagi menjadi tiga kategori, yaitu kesalahan konseptual, prosedural, dan teknis, dengan kesalahan konseptual sebagai yang paling dominan [2][3][4]. Kesalahan konseptual muncul akibat lemahnya pemahaman terhadap konsep dasar dan hubungan antar variabel, sedangkan kesalahan prosedural disebabkan oleh ketidak tepatan dalam menerapkan langkah-langkah penyelesaian meskipun mahasiswa telah memahami konsepnya [5]. Sementara itu, kesalahan teknis sering kali disebabkan oleh faktor kecerobohan atau kurangnya ketelitian saat melakukan perhitungan [6][7].

Beberapa penelitian juga menyoroti pengaruh faktor non-akademis terhadap munculnya kesalahan tersebut. Sikap, motivasi, dan keterlibatan mahasiswa dalam proses pembelajaran turut memengaruhi kemampuan mereka dalam memahami konsep turunan [7][8]. Mahasiswa yang kurang aktif atau tidak berani bertanya cenderung mengalami kesulitan yang lebih besar. Oleh karena itu, pendekatan pembelajaran yang menekankan partisipasi aktif dan dukungan bertahap, seperti *scaffolding*, menjadi penting untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa. Sejalan dengan pandangan Herman et al., pembelajaran yang interaktif dan berorientasi pada pemahaman konsep diyakini dapat meningkatkan motivasi dan penguasaan materi mahasiswa [9].

Kesalahan dalam memahami konsep turunan juga masih menjadi tantangan utama dalam pembelajaran kalkulus di berbagai bidang studi. Sulistyanyingtyas et al. menemukan bahwa banyak mahasiswa mengalami kesulitan dalam menguasai konsep turunan fungsi dan menerapkannya ke dalam penyelesaian soal, sehingga efektivitas pembelajaran menjadi rendah [10]. Husenti menegaskan bahwa mahasiswa teknik informatika pun masih melakukan kesalahan konseptual dan prosedural dalam menyelesaikan soal turunan meskipun telah mempelajari materi tersebut [2]. Kesulitan yang sama ditemukan oleh Setiawan dan Rahmawati et al. pada materi turunan fungsi trigonometri, di mana mahasiswa tidak memahami keterkaitan antara sudut dan fungsi trigonometri, sehingga sering melakukan kesalahan dalam perhitungan turunan [11][12].

Selain faktor kognitif, motivasi belajar dan keterlibatan aktif mahasiswa juga berpengaruh terhadap pemahaman konsep turunan [2]. Oleh karena itu, pendekatan pembelajaran yang lebih interaktif, kontekstual, dan berorientasi pada pemahaman konsep, disertai dengan pemberian umpan balik yang konstruktif, sangat diperlukan agar mahasiswa dapat memahami konsep turunan secara mendalam dan menerapkannya secara efektif dalam konteks teknik.

Berdasarkan berbagai temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa kesalahan mahasiswa dalam menyelesaikan soal turunan tidak hanya disebabkan oleh lemahnya kemampuan perhitungan, tetapi juga oleh keterbatasan pemahaman konsep dan penerapan yang kurang kontekstual. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesalahan mahasiswa teknik mesin dalam menyelesaikan soal turunan serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhinya dengan mengacu pada klasifikasi kesalahan menurut Kiat, yaitu kesalahan konseptual, prosedural, dan teknis [13]. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan strategi pembelajaran kalkulus yang lebih efektif, interaktif, dan berbasis konteks teknik mesin.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk mendeskripsikan jenis-jenis kesalahan mahasiswa dalam menyelesaikan soal turunan serta faktor-faktor yang memengaruhinya. Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh pemahaman yang

mendalam mengenai bentuk dan penyebab kesalahan yang dilakukan mahasiswa dalam konteks pembelajaran kalkulus pada program studi teknik mesin. Subjek penelitian adalah 30 mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tegal Tahun Akademik 2025/2026 yang sudah menerima materi turunan. Pemilihan subjek dilakukan secara purposif dengan pertimbangan bahwa mahasiswa teknik mesin semester 2 baru mempelajari konsep turunan secara formal dalam konteks penerapan teknik.

Data penelitian diperoleh melalui dua sumber utama, yaitu: tes uraian yang terdiri dari empat butir soal turunan dengan konteks aplikatif bidang teknik dan wawancara mendalam yang dilakukan kepada beberapa mahasiswa terpilih untuk menggali lebih lanjut penyebab kesalahan dan pemahaman konsep yang mendasari jawaban mereka. Soal-soal dalam tes dikembangkan untuk mengukur kemampuan mahasiswa dalam memahami, menerapkan, dan menafsirkan konsep turunan dalam situasi teknik, seperti gerak rotasi, optimasi bentuk silinder, elastisitas material, dan distribusi suhu.

**Tabel 1.** Butir soal untuk mahasiswa

No.	Isi Soal
1.	Sebuah poros berputar dengan posisi sudut $\theta(t)$ terhadap waktu dinyatakan oleh persamaan: $\theta(t) = 4t^3 - 6t^2 + 2t$ dengan $\theta$ dalam radian dan $t$ dalam detik. a. Tentukan kecepatan sudut $\omega(t)$ dan percepatan sudut $\alpha(t)$ . b. Pada $t = 2$ detik, tentukan apakah kecepatan sudut sedang <b>meningkat</b> atau <b>menurun</b> . Jelaskan alasanmu berdasarkan tanda dari turunan yang relevan.
2.	Sebuah tangki berbentuk silinder vertikal dengan jari-jari $r$ dan tinggi $h$ memiliki volume $V = \pi r^2 h$ . Biaya pembuatan tangki per satuan luas permukaan adalah proporsional terhadap luas permukaannya: $C = k(2\pi r^2 + 2\pi rh)$ dengan $k$ adalah konstanta biaya. Jika volume tangki ditetapkan sebesar 500 liter, tentukan rasio $\frac{h}{r}$ agar biaya pembuatan minimum.
3.	Seorang mahasiswa melakukan percobaan untuk mengamati hubungan antara gaya $F$ (N) dan deformasi $x$ (mm) pada pegas logam. Data hasil pengukuran mendekati fungsi: $F(x) = 0.5x^3 - 2x^2 + 4x$ a. Tentukan titik-titik di mana kekakuan pegas (gradien $\frac{dF}{dx}$ ) maksimum dan minimum. b. Berdasarkan hasil tersebut, jelaskan interpretasi fisik dari titik-titik tersebut terhadap perilaku material.
4.	Suhu dinding silinder mesin $T(r)$ bervariasi terhadap jarak dari pusat silinder $r$ (dalam cm) menurut model empiris: $T(r) = 200 - 20r^2$ a. Tentukan gradien suhu $\frac{dT}{dr}$ dan jelaskan artinya secara fisik. b. Jika konduksi panas $q = -k \frac{dT}{dr}$ , diskusikan pada titik mana aliran panas paling besar dan bagaimana hal ini mempengaruhi desain sistem pendingin.

Pelaksanaan penelitian dilakukan pada hari Rabu, 22 April 2026. Mahasiswa diberikan waktu 60 menit untuk menyelesaikan tes tertulis. Selanjutnya, hasil jawaban dianalisis untuk mengidentifikasi jenis kesalahan yang dilakukan berdasarkan klasifikasi Kiat, yang meliputi [13]:

- 1) Kesalahan Konseptual, yaitu kesalahan karena kurang memahami konsep yang terkait dengan masalah yang diberikan dan kesalahan karena tidak mampu menentukan hubungan antarvariabel dalam masalah.
- 2) Kesalahan Prosedural, yaitu ketidakmampuan memilih atau menerapkan prosedur atau rumus yang sesuai untuk menyelesaikan masalah.

- 3) Kesalahan Teknis, yaitu kesalahan karena kurangnya pengetahuan konten matematika pada topik lain yang relevan dan kesalahan akibat kecerobohan dalam perhitungan atau penyalinan data.

Analisis data dilakukan melalui empat tahap: pengumpulan data, reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Untuk menjamin keabsahan data, digunakan teknik triangulasi metode, yaitu dengan membandingkan hasil tes tertulis dan hasil wawancara. Proses analisis ini memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi secara akurat jenis kesalahan serta penyebab yang melatarbelakanginya, baik dari aspek konseptual, prosedural, maupun teknis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil

Berdasarkan analisis jawaban mahasiswa pada empat soal turunan dengan konteks teknik:

#### Soal 1: Gerak Rotasi

① Tentukan kecepatan sudut  $\omega(t)$  dan percepatan sudut  $a(t)$   
 penyelesaian,  $\theta(t) = 4t^3 - 6t^2 + 2t \rightarrow t^3 - 6t^2 + 2t$   
 $\omega(t) = \frac{d\theta}{dt} = 12t^2 - 12t + 2$   
 $a(t) = \frac{d\omega}{dt} = 24t - 12$

Gambar 1. Jawaban S-9 Soal No. 1

Berdasarkan jawaban dari S-9 terhadap butir soal nomor 1, S-9 melakukan kesalahan prosedural, karena sebenarnya sudah memahami bahwa untuk memperoleh kecepatan sudut perlu menurunkan fungsi posisi terhadap waktu, dan untuk memperoleh percepatan sudut perlu menurunkan fungsi kecepatan. Namun saat menyelesaikan soal  $\theta(t) = 4t^3 - 6t^2 + 2t$ , ia menulis turunan sebagai  $\frac{d\theta}{dt} = 3t^2 - 12t + 2$  yang seharusnya  $\frac{d\theta}{dt} = 12t^2 - 12t + 2$ , sehingga hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan yang diharapkan.

Berdasarkan hasil wawancara, S-9 memahami konsep dasar turunan untuk mencari kecepatan dan percepatan sudut, tetapi melakukan kesalahan prosedural dalam penerapan aturan turunan (lupa mengalikan koefisien dengan pangkat pada suku pertama). Kesalahan ini bukan karena tidak paham konsep, melainkan karena kurang teliti dalam proses perhitungan.

Soal 1. ① Diketahui:  $\theta(t) = 4t^3 - 6t^2 + 2t$  Ditanya: ?  
 Kecepatan sudut  $\omega(t)$   
 Percepatan sudut  $a(t)$   
 $\theta(t) = 4t^3 - 6t^2 + 2t$   
 $\omega(t) = 12t^2 - 12t + 2$  (rad/s)  
 $a(t) = 24t - 12$  (rad/s)  
 Substitusi di titik  $t = 2$   
 $\omega(2) = 12(2)^2 - 12(2) - 4(2)$   
 $= 48 - 24 - 8$   
 $= 16$   
 $a(2) = 24(2) - 12 - 4$   
 $= 48 - 12 - 4$   
 $= 32$

Gambar 2. Jawaban S-13 Soal No.1

Berdasarkan jawaban S-13 pada soal nomor 1, S-13 melakukan kesalahan saat menyalin soal ke lembar jawaban. Ia menulis ulang soal secara tidak tepat, yaitu menuliskan  $\theta(t) = 4t^3 - 6t^2$

+ 2t menjadi  $\theta(t) = 4t^3 - 6t^2 + 2t$ . Akibatnya, perhitungan yang dilakukan berikutnya menjadi salah. Kesalahan ini termasuk dalam kategori kesalahan teknis, karena disebabkan oleh kecerobohan dalam menulis ulang data pada soal, bukan karena kesalahan pemahaman konsep.

Berdasarkan hasil wawancara, S-13 memahami konsep turunan dan cara mencari kecepatan sudut, tetapi melakukan kesalahan teknis saat menyalin soal ke lembar jawaban. Kesalahan ini menyebabkan seluruh perhitungan berikutnya menjadi keliru. Faktor penyebab utama adalah kurang teliti dan terburu-buru, bukan kesalahan konsep atau prosedur.

1-)  $\theta(t) = 4t^3 - 6t^2 + 2t$

a) Tentukan kecepatan sudut  $\omega(t)$  dan percepatan sudut  $\alpha(t)$

$$\omega(t) = \frac{d\theta}{dt} = 12t^2 - 12t + 2$$

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2} = 24t - 12$$

Determine the angular velocity  $\omega(t)$  and angular acceleration  $\alpha(t)$

b) Tentukan pada  $t = 2$  detik apakah kecepatan meningkat / menurun?

$$\omega(2) = 12(2)^2 - 12(2) + 2$$

$$= 12 \cdot 4 - 24 + 2$$

$$= 48 - 22$$

$$= 26$$

$$\alpha(2) = 24(2) - 12$$

$$= 48 - 12$$

$$= 36$$

Determine whether the speed increases or decreases at  $t=2$  seconds?

Gambar 3. Jawaban S-14 Soal No.1

Berdasarkan jawaban S-14 pada soal nomor 1, S-14 melakukan kesalahan yang dilakukan termasuk ke dalam kesalahan teknis. Siswa telah memahami konsep hubungan antara posisi, kecepatan, dan percepatan sudut, serta dapat menurunkan fungsi dengan benar. Namun, terjadi kekeliruan pada proses substitusi nilai  $t = 2$  yang menyebabkan hasil perhitungan akhir tidak tepat, yaitu  $48 - 22 = 26$  tetapi menghitung  $48 - 22 = 24$ . Kesalahan ini terjadi bukan karena ketidak tahuan konsep atau prosedur, melainkan karena kecerobohan dalam melakukan perhitungan numerik.

Berdasarkan hasil wawancara, S-14 memahami konsep hubungan antara posisi, kecepatan, dan percepatan sudut, serta mampu melakukan proses turunan dengan benar. Namun, ia melakukan kesalahan teknis berupa kekeliruan aritmetika saat mensubstitusikan nilai  $t=2$ . Kesalahan ini terjadi karena kurang teliti dalam perhitungan numerik, bukan karena kesalahan konsep atau prosedur matematis.

Soal 1: (A) cari kecepatan dan percepatan sudut

$$\omega(t) = \frac{d\theta}{dt} = 4 - 12t + 6t^2$$

$$\alpha(t) = \frac{d\omega}{dt} = -12 + 12t$$

find the speed and angular acceleration

(B) menentukan apakah kecepatan sudut meningkat atau tidak pada  $t = 2$  detik

nilai  $t = 2$ :

$$\omega(2) = 4 - 12(2) + 6(2)^2 = 4 - 24 + 24 = 4$$

$$\alpha(2) = -12 + 12(2) = -12 + 24 = 12 \text{ rad}$$

determine whether the angular velocity increases or not at  $t=2$  seconds

Gambar 4. Jawaban S-29 Soal No. 1

Berdasarkan jawaban S-29 pada soal nomor 1, S-29 memahami konsep turunan, namun saat menyelesaikan soal  $\theta(t)=4t^3 - 6t^2 + 2t$ , ia menulis turunan sebagai  $\frac{d\theta}{dt} = 4 - 12t + 6t^2$  yang seharusnya  $\frac{d\theta}{dt} = 12t^2 - 12t + 2$ . Kesalahan ini termasuk kesalahan prosedural, karena S-29 salah menerapkan langkah perhitungan meskipun konsep turunan sudah dikuasai.

Berdasarkan hasil wawancara, S-29 menunjukkan bahwa ia memahami konsep dasar turunan dan hubungan antara posisi serta kecepatan sudut. Namun, kesalahan terjadi pada langkah prosedural, yaitu tidak menerapkan aturan turunan dengan benar pada suku pertama. S-29 menyadari kesalahan tersebut setelah dikonfirmasi dan mengakui bahwa kesalahannya murni karena kurang teliti, bukan karena tidak memahami konsep.

**Soal 2: Optimasi Biaya Tangki**

Gambar 5. Jawaban S-4 Soal No. 2

Berdasarkan jawaban dari S-4 terhadap butir soal nomor 2, S-4 melakukan kesalahan konsep. S-4 ingin menyelesaikan  $C = k(2\pi r^2 + 2\pi rh)$ , namun langkah yang ditulis S-4 tidak jelas terkait konsep turunan. Kesalahan ini dikategorikan sebagai kesalahan konseptual, karena siswa belum menunjukkan pemahaman konsep yang sesuai dengan masalah.

Berdasarkan hasil wawancara, S-4 belum memahami konsep dasar turunan secara utuh, khususnya ketika fungsi melibatkan dua variabel. Siswa tidak dapat menjelaskan hubungan antara turunan dan perubahan variabel, serta tidak menunjukkan langkah turunan yang tepat. Kesalahan ini dikategorikan sebagai kesalahan konseptual, karena sumber masalahnya terletak pada ketidakpahaman terhadap konsep turunan dan penerapannya pada bentuk fungsi yang diberikan.

**Soal 3: Kekakuan Pegas**

Gambar 6. Jawaban S-30 Soal No. 3

Berdasarkan jawaban dari S-30 terhadap butir soal nomor 3, S-30 melakukan kesalahan konseptual yaitu tidak memahami konsep yang terkait dengan masalah yang diberikan. Perintah soal nomor 3 yaitu mahasiswa diminta untuk menentukan titik-titik di mana kekakuan pegas (gradien  $\frac{dF}{dx}$ ) maksimum dan minimum dan menjelaskan interpretasi fisik dari titik-titik tersebut terhadap perilaku material.

Berdasarkan hasil wawancara, diketahui bahwa S-30 belum memahami konsep kekakuan pegas (gradien  $\frac{dF}{dx}$ ) dan hubungannya dengan fungsi gaya terhadap perpindahan. Mahasiswa mengira bahwa kekakuan sama dengan gaya itu sendiri, bukan turunan gaya terhadap perpindahan. Kesalahan ini menunjukkan ketidaktepatan dalam memahami makna konsep turunan dalam konteks fisika, sehingga termasuk dalam kategori kesalahan konseptual.

**Soal 4: Gradien Suhu**

**Gambar 7.** Jawaban S-19 Soal No. 4

Berdasarkan jawaban dari S-19 terhadap butir soal nomor 4, S-19 melakukan kesalahan konsep yaitu tidak memahami konsep yang terkait dengan masalah yang diberikan. Perintah soal nomor 4 yaitu mahasiswa diminta untuk menentukan gradien suhu  $\frac{dT}{dr}$  dan jelaskan artinya secara fisik, dan jika konduksi panas  $q = -k \frac{dT}{dr}$ , diskusikan pada titik mana aliran panas paling besar dan bagaimana hal ini mempengaruhi desain sistem pendingin. Namun, S-19 hanya menyalin kembali beberapa penggalan kalimat dari soal tersebut yang bukan merupakan jawaban yang diharapkan.

Berdasarkan hasil wawancara, S-19 menunjukkan bahwa ia belum memahami konsep gradien suhu ( $\frac{dT}{dr}$ ) dan makna fisik hubungan antara  $q = -k \frac{dT}{dr}$  dengan aliran panas. Mahasiswa hanya menyalin ulang bagian dari soal tanpa melakukan analisis atau memberikan interpretasi fisik. Hal ini menunjukkan bahwa pemahaman konseptual belum terbentuk, karena siswa tidak mampu mengaitkan konsep turunan dengan fenomena fisis yang diminta dalam soal.

**Gambar 8.** Jawaban S-29 Soal No. 4

Berdasarkan jawaban S-29 pada soal nomor 4, S-29 melakukan kesalahan saat menyalin soal ke lembar jawaban. Ia menulis ulang soal secara tidak tepat, yaitu menuliskan  $T(r) = 200 - 20r^2$  menjadi  $T(r) = 200 - \frac{20}{r}$ . Akibatnya, perhitungan yang dilakukan berikutnya menjadi salah. Kesalahan ini termasuk dalam kategori kesalahan teknis, karena disebabkan oleh kecerobohan dalam menulis ulang data pada soal, bukan karena kesalahan pemahaman konsep.

Berdasarkan hasil wawancara, S-29 memahami konsep gradien suhu dan prosedur turunan, namun kesalahan terjadi karena menyalin fungsi  $T(r)$  dari soal secara salah. Akibatnya, seluruh perhitungan berikutnya menjadi salah. Kesalahan ini dikategorikan sebagai kesalahan teknis, karena sumber kesalahan berasal dari kecerobohan dalam menulis ulang soal, bukan ketidakpahaman konsep atau prosedur.

## 2. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa program studi Teknik Mesin semester 2 menghadapi tiga kategori kesalahan utama dalam mengerjakan soal turunan dalam konteks teknik, yakni kesalahan konseptual, prosedural, dan teknis, yang sejalan dengan tujuan penelitian untuk menganalisis kesalahan mahasiswa beserta faktor-faktor penyebabnya. Kesalahan konseptual muncul ketika mahasiswa seperti S-4 dan S-30 kesulitan memahami hubungan antara fungsi matematis dan fenomena teknik, misalnya gradien suhu atau kekakuan pegas, meskipun mereka memahami aturan turunan secara prosedural. Temuan ini konsisten dengan studi Hashemi et al. yang menunjukkan lemahnya pemahaman konseptual mahasiswa sarjana dalam kalkulus [14], serta penelitian Siyepu yang menekankan pengaruh kemampuan aljabar dasar dan miskonsepsi fungsi terhadap pemahaman turunan pada mahasiswa teknik kimia [15]. Kesalahan prosedural terlihat pada mahasiswa seperti S-9 dan S-29 yang salah menerapkan aturan turunan, misalnya pengalihan koefisien dengan pangkat variabel, meskipun konsep sudah diketahui, yang sejalan dengan temuan Syaputra et al. dan Mahadewsing et al. bahwa pemahaman prosedural dipengaruhi oleh penguasaan prasyarat matematika dan latihan yang konsisten [16][17]. Selain itu, kesalahan teknis, misalnya penyalinan soal atau substitusi nilai yang salah seperti pada kasus S-13 dan S-29, menunjukkan bahwa ketelitian dan verifikasi langkah juga penting, sebagaimana dicatat Hiltrimartin & Pratiwi mengenai dampak penguasaan prosedur dan faktor emosional terhadap performa mahasiswa [18]. Dengan demikian, penelitian ini memperkuat temuan sebelumnya yang menyoroti kesulitan konseptual dan prosedural mahasiswa dalam memahami kalkulus teknik [19][20], sekaligus menegaskan pentingnya memperhatikan aspek kesalahan teknis seperti kelalaian perhitungan dan kesalahan penyalinan yang sering diabaikan dalam pembelajaran matematika teknik. Implikasi praktis dari hasil ini menunjukkan perlunya pengembangan desain pembelajaran yang menautkan konsep turunan dengan penerapannya dalam fenomena teknik nyata, diiringi latihan prosedural yang terstruktur dan mekanisme verifikasi langkah untuk meminimalkan kesalahan teknis. Selain itu, strategi peningkatan ketelitian seperti penggunaan checklist penyelesaian soal, pemeriksaan substitusi nilai, serta penerapan model pembelajaran aktif dan berbasis scaffolding sebagaimana direkomendasikan oleh Almeida et al. dapat meningkatkan keterlibatan dan akurasi mahasiswa dalam menyelesaikan persoalan kalkulus [20]. Penelitian ini memiliki keterbatasan karena hanya melibatkan satu institusi dan kelompok mahasiswa, sehingga studi lanjutan disarankan untuk memperluas konteks dan menilai efektivitas intervensi yang berfokus pada peningkatan ketelitian serta penguatan pemahaman konseptual lintas disiplin teknik.

## KESIMPULAN

Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin semester 2 menghadapi tiga jenis kesalahan utama dalam mengerjakan soal turunan teknik, yaitu konseptual, prosedural, dan teknis. Kesalahan konseptual muncul ketika mahasiswa kesulitan mengaitkan fungsi matematis dengan fenomena

teknik, kesalahan prosedural terjadi saat aturan turunan diterapkan secara keliru, dan kesalahan teknis terkait kelalaian dalam penyalinan soal atau substitusi nilai. Temuan ini menegaskan pentingnya penguatan pemahaman konsep, latihan prosedural yang sistematis, serta peningkatan ketelitian melalui verifikasi langkah dan checklist, dengan dukungan model pembelajaran aktif dan *scaffolding*. Penelitian ini terbatas pada satu institusi dan kelompok mahasiswa, sehingga studi lanjutan disarankan untuk memperluas populasi dan mengeksplorasi pola kesalahan lintas disiplin teknik.

## REFERENSI

- [1] F. Feudel and R. Biehler, "Students' Understanding of the Derivative Concept in the Context of Mathematics for Economics," *J. fur Math.*, vol. 42, no. 1, pp. 273–305, 2021, doi: 10.1007/s13138-020-00174-z.
- [2] N. Husenti, "Analisis Kesalahan Matematis Mahasiswa Teknik Informatika pada Materi Turunan," *J. Nas. Komputasi dan Teknol. Inf.*, vol. 7, no. 1, pp. 55–61, 2024, doi: 10.32672/jnkti.v7i1.7453.
- [3] H. Suharna, I. Abdullah, and M. Ruhama, "Struktur kesalahan konsep matematis mahasiswa berdasarkan kemampuan matematika," *JPGM*, vol. 3, no. 2, pp. 306–312, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.33387/jpgm.v3i2.6136>
- [4] D. E. Novianti, "Analisis Kesalahan Dalam Mengerjakan Soal Materi Logika Matematika Mahasiswa Prodi Pendidikan Matematika IKIP PGRI Bojonegoro," *JP2M (Jurnal Pendidik. dan Pembelajaran Mat.*, vol. 1, no. 1, pp. 24–30, 2015, doi: 10.29100/jp2m.v1i2.191.
- [5] N. S. Utami, "Analisis Kesalahan Mahasiswa dalam Menghitung Integral Rangkap," *Kogn. J. Ris. HOTS Pendidik. Mat.*, vol. 4, no. 2, pp. 723–734, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.51574/kognitif.v4i2.1939>
- [6] A. S. Nurhasanah and I. W. Anita, "Kastolan Theory Error Analysis on Vocational School Students – A Case on Sequences and Series Topics," *J. Innov. Math. Learn.*, vol. 8, no. 3, pp. 459–467, 2025, doi: 10.22460/jiml.v8i3.27066.
- [7] G. P. Ningsi, F. Nendi, E. Jehadus, L. Sugiarti, and V. S. Kurnila, "Analisis Kesalahan Mahasiswa dalam Menyelesaikan Soal Kalkulus Integral Berdasarkan Newman's Error Analysis dan Upaya Pemberian Scaffolding," *J. Cendekia J. Pendidik. Mat.*, vol. 6, no. 3, pp. 2698–2712, 2022, doi: 10.31004/cendekia.v6i3.1469.
- [8] S. Hidayah, S. N. Laeli, and N. Hidayati, "Analisis kesalahan mahasiswa dalam menyelesaikan soal induksi matematika," *J. Rev. Pendidik. Dan Pengajaran*, vol. 5, no. 1, pp. 37–41, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.31004/jrpp.v5i1.4730>
- [9] H. Herman, T. S. P, and W. Widyandana, "Perbandingan Tingkat Motivasi Mahasiswa yang Menempuh Kuliah Konvensional dengan Collaborative Learning," *J. Pendidik. Kedokt. Indones. Indones. J. Med. Educ.*, vol. 3, no. 2, pp. 93–99, 2014, doi: 10.22146/jpki.25228.
- [10] A. D. Sulistyningtyas, R. R. Wantika, S. Rahayu, and H. Susilo, "Analisis Kesulitan Mahasiswa Dalam Penguasaan Konsep Turunan Fungsi Pada Mata Kuliah Kalkulus," *Sci. J. Inov. Pendidik. Mat. dan IPA*, vol. 4, no. 4, pp. 590–600, 2025, doi: 10.51878/science.v4i4.4090.
- [11] H. Setiawan, T. Handayani, and M. Muslimahayati, "Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa di MTs Ahliyah 1 Palembang," *Suska J. Math. Educ.*, vol. 7, no. 1, p. 31, 2021, doi: 10.24014/sjme.v7i1.9231.
- [12] A. R. Rahmawati, S. Sudirman, and R. Rahardi, "Kesalahan Mahasiswa Pendidikan Matematika dalam Menyelesaikan Masalah Fungsi dan Persamaan Polinomial," *J.*

- Cendekia J. Pendidik. Mat.*, vol. 5, no. 3, pp. 2548–2559, 2021, doi: 10.31004/cendekia.v5i3.893.
- [13] S. E. Kiat, “Analysis of students’ difficulties in solving integration problems,” *Math. Educ.*, vol. 9, no. 1, pp. 39–59, 2005, [Online]. Available: [http://math.nie.edu.sg/ame/matheduc/journal/v9\\_1/v91\\_39.aspx](http://math.nie.edu.sg/ame/matheduc/journal/v9_1/v91_39.aspx)
- [14] N. Hashemi, M. S. Abu, H. Kashefi, M. Mokhtar, and K. Rahimi, “Designing learning strategy to improve undergraduate students’ problem solving in derivatives and integrals: A conceptual framework,” *Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ.*, vol. 11, no. 2, pp. 227–238, 2015, doi: 10.12973/eurasia.2015.1318a.
- [15] S. W. Siyepu, “Analysis of errors in derivatives of trigonometric functions,” *Int. J. STEM Educ.*, vol. 2, no. 1, pp. 2–16, 2015, doi: 10.1186/s40594-015-0029-5.
- [16] M. R. Syaputra, D. Juandi, Kusnandi, and H. A. Elsa, “Jurnal Pendidikan MIPA,” *J. Pendidik. MIPA*, vol. 12, no. 1, pp. 1–7, 2022, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.23960/jpmipa/v25i4.pp1693-1704>
- [17] R. Mahadewsing, D. Getrouw, and S. M. Calor, “Prior knowledge of a calculus course: The impact of prior knowledge on students’ errors,” *Int. Electron. J. Math. Educ.*, vol. 19, no. 3, pp. 1–8, 2024, doi: 10.29333/iejme/14765.
- [18] C. Hiltrimartin and W. D. Pratiwi, “Problem-solving skills among students on the topic of derivatives: Differences in the changes of achievement emotions,” *Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ.*, vol. 21, no. 6, pp. 1–22, 2025, doi: 10.29333/ejmste/16504.
- [19] S. Haghjoo and E. Reyhani, “Undergraduate basic sciences and engineering students’ understanding of the concept of derivative,” *JRAMathEdu (Journal Res. Adv. Math. Educ.)*, vol. 6, no. 4, pp. 277–298, 2021, doi: 10.23917/jramathedu.v6i4.14093.
- [20] M. E. B. de Almeida, A. Queiruga-Dios, and M. J. Cáceres, “Differential and integral calculus in first-year engineering students: A diagnosis to understand the failure,” *Mathematics*, vol. 9, no. 1, pp. 1–18, 2021, doi: 10.3390/math9010061.