***JURNAL BANGUNAN:***
***Teori, Praktik, Penelitian, dan Pengajaran Teknik Bangunan***
ISSN 0852-2480 (cetak), e-ISSN 2621-0959 (online)
VOL. 31, NO. 2, Oktober 2026: (101-112)
DOI: 10.17977/um071v31i22026p101-112

# KESENJANGAN PEMAHAMAN KONSEPTUAL DAN PROSEDURAL DALAM ANALISIS BEBAN TERDISTRIBUSI PADA MAHASISWA TEKNIK SIPIL SEMESTER LANJUT

**Baskoro Tri Julianto**[1*]

[1] Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sukabumi, Indonesia

[*] *E-mail Corresponding: 220701baskoro@ummi.ac.id*

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesenjangan antara pemahaman konseptual dan prosedural mahasiswa teknik sipil dalam menyelesaikan permasalahan beban terdistribusi, khususnya pada kasus non-linear. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif dengan desain studi diagnostik terhadap 10 mahasiswa yang dipilih secara purposive. Instrumen penelitian berupa soal uraian bertingkat yang mencakup beban geometris hingga fungsi non-linear, serta pertanyaan reflektif untuk menggali pemahaman konsep. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa memiliki kemampuan yang baik dalam menyelesaikan soal berbasis bentuk geometris, namun keberhasilan tersebut didominasi oleh penggunaan prosedur rutin tanpa pemahaman konseptual yang memadai. Pada kasus non-linear, mahasiswa mengalami kesulitan signifikan, terutama dalam memahami integral sebagai proses akumulasi kontinu dan dalam menggeneralisasi konsep ke bentuk fungsi. Temuan ini menunjukkan adanya kesenjangan antara pemahaman konseptual dan prosedural yang berdampak pada keterbatasan mahasiswa dalam menghadapi variasi permasalahan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pembelajaran yang menekankan keterkaitan antara representasi geometris dan analitik untuk meningkatkan pemahaman konsep secara lebih utuh.

**Kata Kunci:** Pemahaman Konseptual, Pemahaman Prosedural, Beban Terdistribusi, Integral, Pendidikan Teknik

***Abstract:*** *This study aims to analyze the gap between the conceptual and procedural understanding of civil engineering students in solving distributed load problems, particularly in non-linear cases. The study employs a descriptive approach with a diagnostic study design involving 10 students selected through purposive sampling. The research instrument consists of multi-level open-ended questions covering geometric loads through non-linear functions, as well as reflective questions to explore conceptual understanding. The results indicate that students demonstrate strong ability in solving problems based on geometric forms; however, this success is largely driven by the use of routine procedures without adequate conceptual understanding. In non-linear cases, students experienced significant difficulties, particularly in understanding integration as a continuous accumulation process and in generalizing the concept to functional forms. These findings indicate a gap between conceptual and procedural understanding, which limits students' ability to handle variations in problems. Therefore, a learning approach emphasizing the connection between geometric and analytical representations is needed to enhance a more comprehensive conceptual understanding.*

***Keywords****: Conceptual Understanding, Procedural Understanding, Distributed Load, Integral, Engineering Education*

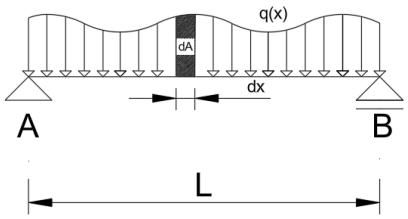
## PENDAHULUAN

Statika yang merupakan bagian dari rumpun mekanika teknik yang merupakan salah satu fondasi utama pada bidang pendidikan keteknikan khusunya teknik sipil karena berperan dalam membangun kemampuan analisis terhadap sistem struktur yang dikenai berbagai jenis pembebanan (Loui & Borrego, 2019). Salah satu kompetensi penting dalam materi ini adalah kemampuan menentukan besaran dan posisis resultan beban terdistribusi yang secara konseptual berkaitan dengan pemahaman luas sebagai representasi akumulasi beban serta konsep titik berat *(centroid)* sebagai lokasi kerja resultan gaya. Pemahaman ini tidak hanya bersifat matematis, tetapi juga memerlukan kemampuan interpretasi fisik terhadap distribusi beban dalam sistem teknik.

Dalam praktik pembelajaran, mahasiswa umumnya diperkenalkan dengan penyelesaian beban terdistribusi melalu pendekatan berbasis bentuk geometri sederhana, seperti beban merata persegi dan segitiga. Pendekatan ini memungkinkan mahasiswa menggunakan rumus yang telah dikenal sehingga penyelesaian menjadi sistematis. Namun, pendekatan tersebut berpotensi mendorong terbentuknya pemahaman yang bersifat prosedural tanpa pemahaman konseptual yang mendalam . Hal ini sejalan dengan risiko pengembangan keahlian yang bersifat rutin (*routine expertise*), di mana mahasiswa mampu menyelesaikan tugas pada situasi familiar namun kesulitan pada konteks baru yang memerlukan kreativitas dan fleksibilitas . Terlebih lagi, penekanan pada langkah-langkah prosedural sebelum pemahaman konsep dapat mengurangi motivasi mahasiswa untuk mendalami alasan atau logika di balik penggunaan rumus tersebut (Hurrell, 2021).

Dalam konteks pendidikan teknik, penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa sering memiliki kemampuan prosedural yang baik namun pemahaman konseptual yang terbatas. Hal ini menyebabkan kesulitan dalam menghubungkan representasi matematis dengan makna fisik dari suatu fenomena teknik, terutama dalam topik mekanika (Streveler dkk., 2008).

Permasalahan ini menjadi lebih nyata ketika mahasiswa dihadapkan pada bentuk beban terdistribusi yang lebih kompleks, seperti beban trapesium atau beban non-linear. Pada kondisi tersebut, pendekatan berbasis rumus geometris tidak lagi memadai sehingga mahasiswa dituntut memahami konsep sebagai fungsi kontinu dan akumulasi elemen diferensial sepanjang domain tertentu (Nguyen & Meltzer, 2003; Redish & Kuo, 2015; Zhao dkk., 2021).




**Gambar 1.** Representasi Beban Terdistribusi Kontinu dengan Intensitas membentuk fungsi *q(x)* sebagai Akumulasi Elemen Diferensial

**Gambar 1** menunjukkan bahwa intensitas beban terdistribusi *q(x)* dapat dipandang sebagai kumpulan elemen luasan di bawah kurva kecil *dA = q(x)dx.* Dalam konteks mekanika, elemen luas ini merepresentasikan kontribusi gaya (beban) kecil *dF* yang bekerja pada elemen panjang *dx*. Dengan menjumlahkan seluruh elemen tersebut, diperoleh resultan beban:

$$R \approx \int_0^L dF$$

.....pers 1

Sedangkan posisi resultan ditentukan pada posisi titik berat bentuk beban:

$$\bar{x} \approx \frac{\int_0^L x dF}{\int_0^L dF}$$

……....pers2

Representasi ini menegaskan bahwa konsep integral berfungsi sebagai proses akumulasi kontinu, yang merupakan salah satu model konseptual utama dalam memahami integral, khususnya sebagai luas, akumulasi,

dan rekonstruksi fungsi (Greefrath dkk., 2021). Dalam konteks pembelajaran, pemahaman integral sebagai proses akumulasi juga terbukti berperan penting dalam meningkatkan kemampuan penalaran matematis mahasiswa (Awaludin dkk., 2020). Selain itu, pendekatan pembelajaran integral yang menekankan hubungan antara representasi matematis dan makna konseptual menunjukkan bahwa mahasiswa lebih mampu menggeneralisasi konsep pada situasi yang lebih kompleks (López-Leyton dkk., 2024).

Kemampuan untuk mentransfer konsep dari konteks sederhana ke konteks yang lebih kompleks merupakan indikator utama dari pembelajaran bermakna (Mayer, 2002). Namun, dominasi pendekatan prosedural menyebabkan mahasiswa gagal melakukan transfer pengetahuan serta menunjukkan kesenjangan antara kemampuan menyelesaikan soal dan pemahaman konsep yang mendasarinya.

Kondisi ini menjadi penting untuk dikaji pada mahasiswa teknik sipil semester lanjut, yang secara akademik telah menempuh berbagai mata kuliah dasar maupun lanjutan. Pada tahap ini, mahasiswa diharapkan memiliki kemampuan integrasi konsep yang lebih baik, sehingga analisis terhadap kesenjangan konseptual dan prosedural dapat memberikan gambaran kualitas pemahaman yang sebenarnya.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesenjangan antara pemahaman konseptual dan prosedural mahasiswa teknik sipil dalam menyelesaikan permasalahan beban terdistribusi, khususnya pada kasus non-linear, sebagai dasar untuk pengembangan strategi pembelajaran yang lebih menekankan keseimbangan antara kedua aspek tersebut.

## METODE

### Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif dengan desain studi diagnostik untuk menganalisis kesenjangan antara pemahaman konseptual dan prosedural mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan beban terdistribusi.

### Kriteria Subjek Penelitian

Subjek penelitian dalam studi ini adalah 10 orang mahasiswa yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* dengan kriteria sebagai berikut:

1. Mahasiswa semester enam atau lebih pada program studi Teknik Sipil atau serumpun pada universitas X.
2. Memiliki indeks prestasi kumulatif (IPK) ≥ 3,00.
3. Lulus mata kuliah Statika/Mekanika Teknik dengan nilai minimal C (atau ekuivalen) dan tidak pernah mengulang mata kuliah tersebut.
4. Lulus mata kuliah Mekanika Bahan dengan nilai minimal C (atau ekuivalen) dan tidak pernah mengulang mata kuliah tersebut.
5. Lulus mata kuliah Matematika/Kalkulus yang mencakup materi fungsi, limit, turunan dan integral dengan nilai minimal C (atau ekuivalen) dan tidak pernah mengulang mata kuliah tersebut.

Kriteria tersebut ditetapkan untuk memastikan bahwa responden telah memiliki penguasaan dasar yang memadai terhadap materi yang diuji, sehingga kesulitan yang muncul dalam penelitian ini lebih mencerminkan keterbatasan pemahaman konseptual dibandingkan kekurangan pengalaman belajar.

### Prosedur Penelitian

Penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. **Persiapan Instrumen**
   Peneliti menyusun seperangkat soal uraian yang dirancang secara bertingkat, mulai dari beban terdistribusi sederhana hingga non-linear dan fungsi trigonometri.
2. **Pelaksanaan Pengambilan Data**
   Instrumen diberikan kepada mahasiswa secara individu dalam bentuk tes tertulis. Pelaksanaan tes dilakukan tanpa bantuan sumber belajar atau diskusi dengan peserta lain, sehingga hasil yang diperoleh mencerminkan pemahaman aktual mahasiswa. Waktu pengerjaan soal dibatasi selama 25 menit untuk keseluruhan lima soal (rata-rata 5 menit per soal). Pembatasan waktu ini didasarkan pada prinsip asesmen diagnostik yang bertujuan untuk mengukur *conceptual fluency* serta kemampuan retensi kognitif secara spontan. Waktu yang terbatas akan meminimalisasi peluang mahasiswa dalam melakukan *formula hunting*

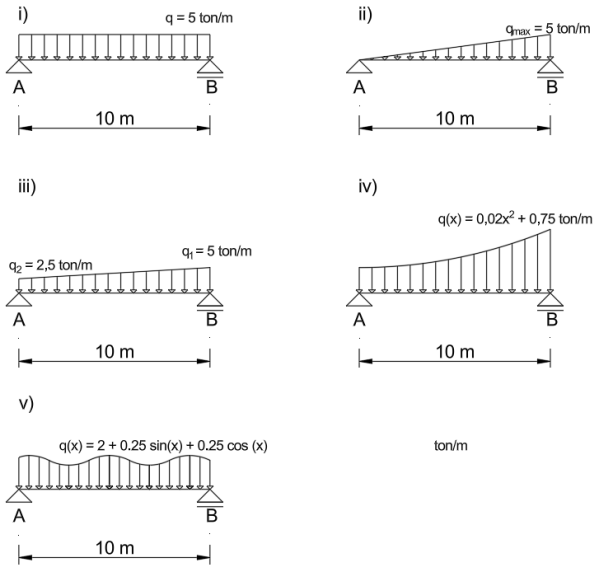
atau manipulasi angka secara coba-coba (*trial-and-error*) (Nitko & Brookhart, 2013). Dampak dari pembatasan waktu ini secara langsung memengaruhi performa pengerjaan; mahasiswa terdorong untuk segera menggunakan *routine expertise* mereka yang paling melekat. Hasilnya, batas waktu ini secara efektif mengekspos kesenjangan yang ada: ketika konsep belum terinternalisasi dengan baik, mahasiswa secara otomatis mengalami kebuntuan pada soal fungsi non-linear karena ketiadaan kelonggaran waktu untuk mereka-reka rumus atau menurunkannya dari awal. Setelah sesi pengerjaan soal, mahasiswa diminta mengisi borang melalui *google form* guna memberikan tanggapan peserta pada model soal yang diujikan. Peserta diperbolehkan menggunakan kalkulator ilmiah selama proses pengerjaan. Pertanyaan pada borang meliputi: pemahaman mengenai penerapan konsep matematika pada penyelesaian beban merata, intepretasi makna fisik mengenai fungsi pada beban di kehidupan nyata, konsep dan teknik perhitungan luasan menggunakan sistem integral serta testimoni kesulitan soal

3. **Pengumpulan Data**
   Jawaban mahasiswa dikumpulkan dalam bentuk lembar jawaban tertulis yang memuat langkah penyelesaian serta penjelasan yang diberikan oleh mahasiswa.
4. **Pengolahan dan Klasifikasi Data**
   Jawaban mahasiswa dianalisis dengan mengidentifikasi pola penyelesaian dan diklasifikasikan ke dalam kategori pemahaman konseptual dan prosedural berdasarkan indikator yang telah ditetapkan.
5. **Interpretasi Hasil**
   Hasil klasifikasi kemudian dianalisis untuk melihat kecenderungan pemahaman mahasiswa pada setiap level soal, serta mengidentifikasi bentuk kesalahan yang muncul sebagai representasi kesenjangan antara pemahaman konseptual dan prosedural.

**Instrumen Penelitian**

Instrumen penelitian berupa seperangkat soal uraian yang dirancang secara bertingkat, terdiri dari lima level, yaitu: (i) beban merata (persegi), (ii) beban segitiga, (iii) beban trapesium, (iv) beban non-linear, dan (v) beban dengan fungsi trigonometri. Secara visual, soal yang digunakan tersaji pada **Gambar 2**. Setiap soal bertujuan untuk mengidentifikasi kemampuan mahasiswa dalam memahami konsep luas sebagai akumulasi serta menentukan posisi resultan beban. Indikator pemahaman konseptual meliputi kemampuan menjelaskan makna luas sebagai akumulasi, penggunaan representasi fungsi, serta kemampuan menggeneralisasi bentuk beban. Sementara itu, pemahaman prosedural ditandai dengan penggunaan rumus secara langsung tanpa penjelasan konseptual yang mendasari. Instrumen dirancang untuk memfasilitasi analisis bertahap terhadap kemampuan mahasiswa dalam melakukan generalisasi dari representasi geometris menuju representasi fungsi kontinu. Selain soal tulis, diberikan juga *post-test* berupa borang dengan pertanyaan sebagai berikut:

1. Pada soal yang baru saja Anda kerjakan, Anda diminta menghitung luas di bawah kurva. Menurut Anda, luas tersebut merepresentasikan apa dalam konteks beban terdistribusi?
2. Mengapa menghitung luas dari diagram beban dapat menghasilkan resultan gaya?
3. Jika bentuk beban berubah menjadi fungsi lain, apakah metode luas masih bisa digunakan? Mengapa?
4. Pada metode integral muncul bentuk $q(x)dx$. Menurut Anda apa arti dari dx pada konteks balok ini?
5. Apa makna dari $q(x)dx$ secara fisik?
6. Mengapa posisi resultan tidak selalu berada di tengah panjang balok?
7. Mengapa elemen kecil tersebut harus dijumlahkan sepanjang balok?
8. Bagaimana cara menentukan lokasi resultan jika bentuk beban tidak simetris?
9. Apa hubungan antara momen dan posisi resultan gaya?
10. Apakah metode yang Anda gunakan pada soal pertama dapat digunakan pada soal terakhir? Mengapa?
11. Apa perbedaan pendekatan ketika bentuk beban berubah dari segitiga menjadi fungsi?
12. Jika beban diberikan dalam bentuk fungsi $q(x)$, bagaimana Anda memulai penyelesaiannya?
13. Menurut Anda bagian mana dari soal ini yang paling sulit?
14. Apakah Anda menggunakan rumus yang sudah dihafal atau mencoba memahami konsepnya?
15. Jika harus menjelaskan cara ini kepada teman, bagaimana Anda menjelaskannya?




**Gambar 2.** Soal yang Digunakan sebagai Instrumen Penelitian

Untuk memastikan keterkaitan antara tujuan pembelajaran, indikator kemampuan, dan butir instrumen, pemetaan instrumen disajikan pada **Tabel** 1.

**Tabel 1.** Pemetaan Tujuan Pembelajaran, Indikator, Butir Soal, dan Jenis Pemahaman

| Tujuan pembelajaran | Indikator | Butir soal | Jenis pemahaman |
|---|---|---|---|
| Menentukan resultan beban terdistribusi | Mengidentifikasi dan menghitung resultan berdasarkan distribusi beban | 1-3 | Prosedural |
| Menentukan posisi resultan | Menentukan lokasi resultan berdasarkan prinsip momen/titik berat | 1-3 | Prosedural |
| Memahami makna fisik luas diagram beban | Menjelaskan luas sebagai representasi akumulasi gaya | 1-3 | Konseptual |
| Merepresentasikan distribusi beban sebagai fungsi | Mengidentifikasi hubungan antara *q(x)* dan distribusi beban | 4 | Konseptual |
| Menggunakan integral pada distribusi non-linear | Menentukan resultan dari fungsi *q(x)* melalui integral | 4-5 | Prosedural |
| Memahami integral sebagai akumulasi kontinu | Menjelaskan makna dx dan *q(x)dx* | 4-5 | Konseptual |
| Menggeneralisasi metode penyelesaian | Menerapkan prinsip yang sama pada bentuk distribusi yang berbeda | 5 | Konseptual-Prosedural |

Berdasarkan **Tabel 1**, butir soal tidak hanya digunakan untuk menilai kemampuan mahasiswa dalam mengikuti prosedur perhitungan, tetapi juga untuk mengidentifikasi pemahaman konseptual yang mendasari prosedur tersebut. Pemahaman konseptual terutama ditelusuri melalui kemampuan mahasiswa menjelaskan makna luas diagram beban, fungsi distribusi *q(x)*, elemen diferensial *dx*, dan integral sebagai proses akumulasi. Sementara itu, pemahaman prosedural ditunjukkan melalui kemampuan memilih dan menerapkan prosedur yang tepat untuk menentukan resultan dan posisi resultan beban terdistribusi.

### Validasi Isi Instrumen

Instrumen penelitian ditelaah melalui validasi isi (*content validation*) dengan pendekatan *expert judgment*. Dalam penelitian ini, peneliti bertindak sebagai *subject-matter expert* karena merupakan pengampu mata kuliah Statika pada Program Studi Teknik Sipil dan memiliki kompetensi yang relevan dengan materi yang diujikan. Telaah dilakukan untuk memastikan kesesuaian antara tujuan penelitian, indikator kemampuan, materi beban terdistribusi, serta karakteristik soal yang digunakan untuk mengidentifikasi pemahaman konseptual dan prosedural mahasiswa.

Penelaahan instrumen mencakup beberapa aspek, yaitu kesesuaian butir dengan tujuan pembelajaran, ketepatan konsep Statika dan matematika yang digunakan, kejelasan instruksi, tingkat kompleksitas soal, serta keterwakilan aspek pemahaman konseptual dan prosedural. Hasil telaah digunakan sebagai dasar untuk memastikan bahwa soal yang diberikan merepresentasikan kompetensi yang menjadi fokus penelitian. Pendekatan *expert judgment* digunakan sebagai bagian dari proses memperoleh bukti validitas isi instrumen, karena validitas isi berkaitan dengan sejauh mana butir instrumen merepresentasikan domain konstruk yang hendak diukur (Artino dkk., 2014).

Instrumen penelitian ditelaah melalui validasi isi (*content validation*) dengan pendekatan *expert judgment*. Dalam penelitian ini, peneliti bertindak sebagai *subject-matter expert* karena merupakan pengampu mata kuliah Statika pada Program Studi Teknik Sipil dan memiliki kompetensi yang relevan dengan materi yang diujikan. Telaah dilakukan untuk memastikan kesesuaian antara tujuan penelitian, indikator kemampuan, materi beban terdistribusi, serta karakteristik soal yang digunakan untuk mengidentifikasi pemahaman konseptual dan prosedural mahasiswa.

Penelaahan instrumen mencakup beberapa aspek, yaitu kesesuaian butir dengan tujuan pembelajaran, ketepatan konsep Statika dan matematika yang digunakan, kejelasan instruksi, tingkat kompleksitas soal, serta keterwakilan aspek pemahaman konseptual dan prosedural. Hasil telaah digunakan sebagai dasar untuk memastikan bahwa soal yang diberikan merepresentasikan kompetensi yang menjadi fokus penelitian. Pendekatan *expert judgment* digunakan sebagai bagian dari proses memperoleh bukti validitas isi instrumen, karena validitas isi berkaitan dengan sejauh mana butir instrumen merepresentasikan domain konstruk yang hendak diukur (Artino dkk., 2014).

### Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan mengelompokkan jawaban mahasiswa ke dalam dua kategori utama, yaitu pemahaman konseptual dan pemahaman prosedural. Kriteria pemahaman konseptual ditandai dengan kemampuan menjelaskan makna luas sebagai akumulasi serta penggunaan strategi yang fleksibel, sedangkan pemahaman prosedural ditandai dengan penggunaan rumus secara langsung tanpa penjelasan konseptual yang mendasari. Analisis dilakukan dengan membandingkan pola penyelesaian mahasiswa pada setiap level soal untuk mengidentifikasi konsistensi penggunaan konsep serta pergeseran dari pendekatan prosedural menuju konseptual.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Gambaran Umum Kinerja Mahasiswa

Hasil penelitian ini dianalisis untuk mengidentifikasi pola pemahaman mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan beban terdistribusi berdasarkan tingkat kompleksitas soal. Berdasarkan hasil tes yang diberikan kepada 10 mahasiswa, diperoleh gambaran umum bahwa performa mahasiswa cenderung baik pada soal dengan bentuk beban sederhana, namun mengalami penurunan pada soal yang melibatkan fungsi non-linear. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan kemampuan mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan berdasarkan tingkat kompleksitas representasi beban.

**Tabel 2.** Hasil Tes Mahasiswa

| Kode Mahasiswa | Soal 1 | Soal 2 | Soal 3 | Soal 4 | Soal 5 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| M1 | 20,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 0,0 | 65,0 |
| M2 | 20,0 | 15,0 | 10,0 | 0,0 | 0,0 | 45,0 |
| M3 | 20,0 | 15,0 | 15,0 | 0,0 | 0,0 | 50,0 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| M4 | 20,0 | 10,0 | 10,0 | 0,0 | 0,0 | 40,0 |
| M5 | 20,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 0,0 | 65,0 |
| M6 | 15,0 | 10,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 25,0 |
| M7 | 20,0 | 15,0 | 15,0 | 0,0 | 0,0 | 50,0 |
| M8 | 20,0 | 15,0 | 15,0 | 0,0 | 0,0 | 50,0 |
| M9 | 20,0 | 15,0 | 10,0 | 5,0 | 5,0 | 55,0 |
| M10 | 20,0 | 15,0 | 15,0 | 0,0 | 0,0 | 50,0 |

Max = 65; Min = 25; Ave = 49,5±11,7 | *Scoring System*: Benar = 20; Sebagian Benar 10-15; Salah = 0-5
Sumber: Tes yang dilakukan oleh penulis

**Tabel** 2 menunjukkan hasil tes ke-10 mahasiswa yang berpartisipasi. Hasil penilaian menunjukkan bahwa rata-rata nilai mahasiswa sebesar 49,5±11,7 dari total 100. Nilai tertinggi yang diperoleh adalah 65, sedangkan nilai terendah adalah 25. Jika ditinjau per soal, mahasiswa menunjukkan performa yang relatif baik pada soal 1 hingga 3, namun mengalami penurunan yang signifikan pada soal 4 dan 5 yang melibatkan bentuk fungsi. Hal ini mengindikasikan bahwa kemampuan mahasiswa cenderung terbatas pada penyelesaian berbasis bentuk geometris dan belum berkembang pada pemahaman integral sebagai representasi fungsi.

Pada soal dengan bentuk beban geometris, seperti beban merata, segitiga, dan trapesium, sebagian besar mahasiswa mampu menentukan resultan gaya dan posisinya dengan benar. Penyelesaian yang dilakukan umumnya menggunakan pendekatan berbasis luas bangun datar dan rumus titik berat yang telah dikenal. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa memiliki kemampuan yang cukup baik dalam menyelesaikan permasalahan yang bersifat rutin dan telah familier. Namun demikian, pada soal yang melibatkan bentuk beban non-linear, terjadi penurunan performa yang cukup drastis. Sebagian mahasiswa tidak dapat menentukan strategi penyelesaian yang tepat, sementara yang lain masih menggunakan pendekatan yang tidak sesuai, seperti mengalikan fungsi dengan panjang balok tanpa mempertimbangkan konsep integral. Kondisi ini menunjukkan bahwa mahasiswa mengalami kesulitan ketika harus berpindah dari representasi geometris menuju representasi fungsi.

Perbedaan performa tersebut mengindikasikan bahwa keberhasilan mahasiswa dalam menyelesaikan soal sangat dipengaruhi oleh tingkat keakraban terhadap bentuk permasalahan. Mahasiswa cenderung berhasil pada konteks yang telah dipelajari secara berulang, namun mengalami kesulitan ketika dihadapkan pada variasi yang memerlukan pemahaman konsep secara lebih mendalam. Dengan demikian, secara umum dapat disimpulkan bahwa kemampuan mahasiswa masih didominasi oleh penyelesaian yang bersifat prosedural, terutama pada soal-soal dengan bentuk geometris, dan belum sepenuhnya didukung oleh pemahaman konseptual yang memungkinkan generalisasi ke bentuk beban yang lebih kompleks.

**Karakteristik Pemahaman pada Beban Geometris**

Pada soal dengan bentuk beban geometris, yaitu beban merata, segitiga, dan trapesium, sebagian besar mahasiswa menunjukkan performa yang relatif baik. Hal ini terlihat dari nilai yang cenderung tinggi pada soal 1 hingga 3, sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 2**. Mahasiswa umumnya mampu menentukan besar resultan beban serta posisinya dengan menggunakan pendekatan luas bangun datar dan rumus titik berat yang telah dikenal. Namun demikian, analisis terhadap langkah penyelesaian menunjukkan bahwa keberhasilan tersebut didominasi oleh penggunaan prosedur yang bersifat rutin. Sebagian besar mahasiswa langsung mengidentifikasi bentuk beban sebagai persegi, segitiga, atau trapesium, kemudian menerapkan rumus luas tanpa memberikan penjelasan konseptual mengenai hubungan antara luas dan resultan gaya. Hal ini mengindikasikan bahwa mahasiswa lebih mengandalkan pengenalan pola *(pattern recognition)* dibandingkan pemahaman terhadap konsep yang mendasarinya.

Temuan ini sejalan dengan respons mahasiswa pada pertanyaan klarifikasi, di mana sebagian besar menyatakan bahwa penyelesaian dilakukan dengan menggunakan rumus yang telah dihafal atau berdasarkan contoh soal yang pernah dikerjakan. Meskipun beberapa mahasiswa menyebutkan bahwa luas merepresentasikan resultan gaya, penjelasan yang diberikan umumnya tidak mengaitkan konsep tersebut dengan proses akumulasi gaya kecil secara kontinu. Selain itu, dalam menentukan posisi resultan, mahasiswa cenderung menggunakan rumus titik berat secara langsung tanpa menjelaskan keterkaitannya dengan konsep momen. Hal ini menunjukkan bahwa konsep *centroid* dipahami sebagai prosedur matematis, bukan sebagai hasil dari keseimbangan momen akibat distribusi gaya. Dengan demikian, meskipun secara numerik jawaban yang diperoleh benar, pemahaman yang mendasari penyelesaian tersebut masih bersifat prosedural.

Dominasi pendekatan prosedural ini dikonfirmasi secara langsung oleh hasil refleksi kualitatif mahasiswa yang berfungsi sebagai triangulasi data untuk mendalami makna fenomena kuantitatif yang muncul (Bacon, 2026). Ketika ditanya apakah mereka menggunakan rumus yang sudah dihafal atau mencoba memahami konsepnya, beberapa mahasiswa memberikan pengakuan eksplisit. Mahasiswa 5 (M5) secara langsung menjawab *"rumus sudah hafal"*, senada dengan Mahasiswa 7 (M7) yang menyatakan menggunakan *"yg sudah dihafal"*. Fakta ini memperkuat argumen bahwa keberhasilan pengerjaan soal pada tahap awal ini bukan didorong oleh proses *sensemaking* mekanika, melainkan pengulangan algoritma matematis yang telah dilatih berulang kali di kelas.

Temuan penelitian ini sejalan dengan kerangka konseptual Skemp, (1976) yang mengklasifikasikan pemahaman ke dalam dua jenis: *instrumental understanding* (mengetahui cara menggunakan rumus tanpa memahami alasannya) dan *relational understanding* (mengetahui pendekatan matematis sekaligus makna logis di baliknya). Mayoritas mahasiswa dalam penelitian ini menunjukkan dominasi pemahaman instrumental; mereka mahir mengaplikasikan rumus geometri dasar tetapi gagal mengaitkannya dengan prinsip mekanika fundamental. Lebih lanjut, kegagalan mahasiswa pada penyelesaian beban non-linear merepresentasikan apa yang disebut Jonsson dkk., (2020) sebagai ketergantungan pada *imitative algorithmic reasoning*. Saat dihadapkan pada situasi baru (beban berbentuk fungsi), mahasiswa kesulitan beralih ke *creative mathematical reasoning* karena skema pembelajaran yang mereka peroleh sebelumnya belum menjembatani prosedur perhitungan matematis dengan penalaran fisik secara utuh.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa mahasiswa memiliki kemampuan yang baik dalam menyelesaikan permasalahan yang bersifat rutin dan berbasis bentuk geometris. Namun, kemampuan tersebut belum disertai dengan pemahaman konseptual yang memungkinkan mahasiswa untuk menjelaskan makna dari langkah-langkah yang dilakukan. Kondisi ini menjadi indikasi awal adanya kesenjangan antara pemahaman prosedural dan konseptual, yang akan terlihat lebih jelas pada permasalahan dengan tingkat kompleksitas yang lebih tinggi.

**Kesulitan pada Beban Non-linear dan Representasi Fungsi**

Berbeda dengan performa mahasiswa pada soal berbasis bentuk geometris, hasil pada soal yang melibatkan beban non-linear menunjukkan penurunan yang signifikan. Hal ini terlihat dari rendahnya nilai yang diperoleh mahasiswa pada soal 4 dan 5, sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 2**. Sebagian besar mahasiswa tidak mampu menentukan strategi penyelesaian yang tepat, bahkan beberapa di antaranya tidak memberikan jawaban sama sekali.

Analisis terhadap lembar jawaban menunjukkan bahwa mahasiswa cenderung mengalami kesulitan ketika bentuk beban tidak lagi dapat direpresentasikan sebagai bangun datar sederhana. Pada beberapa kasus, mahasiswa masih menggunakan pendekatan yang sama seperti pada soal sebelumnya, yaitu dengan mengalikan nilai beban dengan panjang balok, meskipun beban yang diberikan berbentuk fungsi. Pendekatan ini menunjukkan bahwa mahasiswa memperlakukan fungsi sebagai besaran konstan, sehingga menghasilkan kesalahan konseptual yang mendasar. Selain itu, hanya sebagian kecil mahasiswa yang mencoba menggunakan metode integral dalam penyelesaian. Namun, penggunaan integral tersebut umumnya masih bersifat mekanis dan tidak disertai dengan pemahaman terhadap makna fisik dari proses yang dilakukan. Hal ini terlihat dari langkah penyelesaian yang langsung mengintegralkan fungsi tanpa menjelaskan hubungan antara integral dengan akumulasi beban sepanjang balok.

Temuan ini sejalan dengan respons mahasiswa pada pertanyaan klarifikasi, di mana sebagian mahasiswa menyatakan tidak mengetahui cara menyelesaikan soal yang melibatkan fungsi atau belum pernah mengerjakan soal dengan bentuk tersebut sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa pemahaman mahasiswa masih bergantung pada bentuk representasi yang familier, dan belum mencapai tahap generalisasi konsep.

Kesulitan mahasiswa juga terlihat pada ketidakmampuan dalam memahami makna elemen diferensial. Sebagian besar mahasiswa tidak dapat menjelaskan arti dari $dx$ sebagai elemen panjang yang sangat kecil, serta tidak memahami bahwa $q(x)dx$ merepresentasikan kontribusi gaya kecil yang harus dijumlahkan sepanjang balok. Ketidakpahaman ini mengakibatkan mahasiswa tidak mampu menghubungkan konsep integral dengan konteks fisik beban terdistribusi.

Kesenjangan konseptual ini terekam sangat jelas dari bagaimana mahasiswa mendefinisikan elemen matematis tanpa konteks fisik mekanika. Berdasarkan borang reflektif, ketika ditanya mengenai makna dari elemen diferensial $dx$, mahasiswa terjebak pada definisi matematis yang kaku bahkan keliru. Mahasiswa 2 (M2) menjawabnya semata-mata sebagai *"diferensial dari suatu variabel"*, sementara Mahasiswa 8 (M8)

merespons dengan *"dx adalah bentuk turunan dari integral"*. Tidak ada upaya dari mahasiswa tersebut untuk memaknai *dx* secara fisik sebagai pias panjang elemen balok yang sangat kecil (*infinitesimal*). Hilangnya makna fisik dari representasi analitik ini membuktikan bahwa mahasiswa memisahkan antara prosedur matematika dan realitas mekanika keteknikan, yang berujung pada kegagalan dalam melakukan pemodelan beban non-linear.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa mahasiswa belum memiliki pemahaman integral sebagai proses akumulasi kontinu, melainkan hanya sebagai prosedur perhitungan. Ketika dihadapkan pada permasalahan yang tidak dapat diselesaikan dengan pendekatan geometris, mahasiswa kehilangan strategi penyelesaian yang tepat. Hal ini menegaskan bahwa kesulitan utama mahasiswa terletak pada kemampuan generalisasi konsep dari representasi geometris menuju representasi analitik berbasis fungsi.

**Analisis Pemahaman Konseptual dan Prosedural**

Analisis terhadap hasil tes tertulis dan respons mahasiswa menunjukkan adanya perbedaan yang jelas antara pemahaman konseptual dan prosedural dalam menyelesaikan permasalahan beban terdistribusi. Pada soal dengan bentuk geometris, mahasiswa cenderung menunjukkan kemampuan prosedural yang baik, ditandai dengan penggunaan rumus luas dan titik berat secara langsung untuk memperoleh jawaban yang benar. Namun, kemampuan tersebut tidak diikuti dengan pemahaman terhadap makna konsep yang mendasarinya.

Pemahaman prosedural terlihat dari kecenderungan mahasiswa untuk mengidentifikasi pola bentuk beban dan langsung menerapkan rumus yang sesuai tanpa menjelaskan hubungan antara luas dan resultan gaya. Hal ini juga diperkuat oleh respons mahasiswa yang menyatakan bahwa penyelesaian dilakukan berdasarkan rumus yang telah dihafal atau contoh soal yang pernah dikerjakan. Dengan demikian, keberhasilan pada soal-soal awal lebih dipengaruhi oleh pengenalan pola dibandingkan pemahaman konsep. Sebaliknya, pemahaman konseptual yang seharusnya ditunjukkan melalui kemampuan menjelaskan integral sebagai proses akumulasi kontinu belum tampak secara konsisten. Hal ini terlihat dari ketidakmampuan mahasiswa dalam menjelaskan makna elemen diferensial *dx* dan *q(x)dx*, serta hubungan antara integral dan penjumlahan elemen gaya kecil. Selain itu, mahasiswa juga tidak mampu mengaitkan konsep momen dengan penentuan posisi resultan, yang menunjukkan bahwa pemahaman terhadap konsep centroid masih bersifat prosedural.

Perbedaan antara pemahaman konseptual dan prosedural semakin jelas ketika mahasiswa dihadapkan pada soal yang memerlukan generalisasi. Mahasiswa yang sebelumnya berhasil pada soal berbasis bentuk geometris mengalami kesulitan ketika harus menggunakan integral untuk menyelesaikan permasalahan berbasis fungsi. Hal ini menunjukkan bahwa prosedur yang dimiliki mahasiswa tidak fleksibel dan tidak dapat diterapkan pada konteks yang berbeda.

Temuan ini mengindikasikan bahwa pembelajaran yang diterima mahasiswa lebih menekankan pada penguasaan prosedur dibandingkan pengembangan pemahaman konseptual. Akibatnya, mahasiswa mampu menyelesaikan soal-soal rutin, tetapi tidak memiliki kerangka konseptual yang cukup untuk memahami dan menggeneralisasi konsep pada situasi yang lebih kompleks.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat kesenjangan yang signifikan antara pemahaman konseptual dan prosedural pada mahasiswa. Pemahaman prosedural yang dominan tanpa didukung oleh pemahaman konseptual yang memadai menyebabkan mahasiswa kesulitan dalam menghadapi variasi masalah, khususnya yang melibatkan representasi fungsi dan konsep integral sebagai proses akumulasi kontinu.

**Kegagalan Generalisasi Konsep Integral**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa salah satu kesulitan utama yang dialami mahasiswa terletak pada ketidakmampuan dalam menggeneralisasi konsep dari representasi geometris menuju representasi analitik berbasis fungsi. Pada soal dengan bentuk beban sederhana, mahasiswa mampu menyelesaikan permasalahan dengan baik karena dapat mengaitkan bentuk beban dengan bangun datar tertentu dan menerapkan rumus yang telah dikenal. Namun, ketika bentuk beban dinyatakan sebagai fungsi, mahasiswa mengalami kesulitan dalam menentukan pendekatan yang sesuai.

Kegagalan generalisasi ini menunjukkan bahwa mahasiswa belum memahami integral sebagai konsep yang bersifat umum dan dapat digunakan untuk berbagai bentuk distribusi beban. Sebaliknya, integral dipandang sebagai prosedur yang terpisah dari konteks geometris yang telah dipelajari sebelumnya. Hal ini menyebabkan mahasiswa tidak mampu melihat bahwa pendekatan luas pada bentuk geometris sebenarnya

merupakan kasus khusus dari konsep integral sebagai akumulasi kontinu. Selain itu, ketidakmampuan dalam memahami makna elemen diferensial turut memperkuat kegagalan generalisasi tersebut. Mahasiswa yang tidak memahami bahwa *q(x)dx* merepresentasikan kontribusi gaya kecil tidak dapat menghubungkan proses penjumlahan kontinu dengan perhitungan luas pada bentuk sederhana. Akibatnya, mahasiswa tidak memiliki dasar konseptual untuk memperluas metode penyelesaian ke bentuk fungsi yang lebih kompleks.

Temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran yang menekankan pada penggunaan rumus tanpa mengaitkan dengan konsep dasar dapat menghambat kemampuan mahasiswa dalam melakukan generalisasi. Mahasiswa menjadi bergantung pada bentuk-bentuk yang familier dan tidak mampu beradaptasi ketika dihadapkan pada variasi permasalahan yang memerlukan pemahaman lebih mendalam. Dengan demikian, kegagalan generalisasi yang ditemukan dalam penelitian ini bukan hanya disebabkan oleh kesulitan dalam melakukan perhitungan, tetapi lebih pada keterbatasan dalam membangun hubungan antar konsep. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pembelajaran yang mampu menjembatani representasi geometris dan analitik, sehingga mahasiswa dapat memahami integral sebagai konsep yang utuh dan dapat diterapkan pada berbagai konteks.

## KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kesenjangan antara pemahaman konseptual dan prosedural mahasiswa teknik sipil dalam analisis beban terdistribusi masih cukup nyata, khususnya pada kasus non-linear. Meskipun mahasiswa mampu menyelesaikan soal berbasis bentuk geometris dengan baik, keberhasilan tersebut lebih didorong oleh penggunaan rumus yang bersifat rutin daripada pemahaman konsep yang mendalam. Ketika dihadapkan pada beban yang dinyatakan sebagai fungsi, sebagian besar mahasiswa mengalami kesulitan dalam menentukan pendekatan yang tepat, yang menunjukkan bahwa konsep integral belum dipahami sebagai proses akumulasi kontinu. Kondisi ini mengindikasikan bahwa mahasiswa belum mampu menggeneralisasi konsep dari representasi geometris ke bentuk analitik, sehingga pembelajaran perlu lebih menekankan keterkaitan antara makna matematis dan interpretasi fisik agar pemahaman yang terbentuk tidak hanya bersifat prosedural, tetapi juga konseptual.

## DAFTAR PUSTAKA

Artino, A. R., La Rochelle, J. S., Dezee, K. J., & Gehlbach, H. (2014). Developing questionnaires for educational research: AMEE Guide No. 87. *Medical Teacher*, *36*(6), 463–474. https://doi.org/10.3109/0142159X.2014.889814

Awaludin, A., Wibawa, B., & Winarsih, M. (2020). Integral Calculus Learning Using Problem Based Learning Model Assisted by Hypermedia-Based E-Book. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, *9*(2), 224. https://doi.org/10.23887/jpi-undiksha.v9i2.23106

Bacon, H. R. (2026). Book Review: Qualitative Research: A Guide to Design and Implementation (5th ed.) by E. J. Tisdell, S. B. Merriam and H. L. Stuckey-Peyrot. *Adult Education Quarterly*, *76*(3), 295–296. https://doi.org/10.1177/07417136251356470

Greefrath, G., Oldenburg, R., Siller, H.-S., Ulm, V., & Weigand, H.-G. (2021). Basic mental models of integrals: Theoretical conception, development of a test instrument, and first results. *ZDM – Mathematics Education*, *53*(3), 649–661. https://doi.org/10.1007/s11858-020-01207-0

Hurrell, D. (2021). Conceptual Knowledge OR Procedural Knowledge or Conceptual Knowledge AND Procedural Knowledge: Why the Conjunction is Important to Teachers. *Australian Journal of Teacher Education*, *46*(2), 57–71. https://doi.org/10.14221/ajte.2021v46n2.4

Jonsson, B., Granberg, C., & Lithner, J. (2020). Gaining Mathematical Understanding: The Effects of Creative Mathematical Reasoning and Cognitive Proficiency. *Frontiers in Psychology*, *11*, 574366. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.574366

López-Leyton, C., Aldana-Bermúdez, E., & Flórez-Laiseca, A.-M. (2024). A socio-epistemological approach articulated with problem-solving in higher education: Teaching of integral calculus. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *20*(12), em2548. https://doi.org/10.29333/ejmste/15704

Loui, M. C., & Borrego, M. (2019). Engineering Education Research. Dalam S. A. Fincher & A. V. Robins (Ed.), *The Cambridge Handbook of Computing Education Research* (1 ed., hlm. 292–322). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108654555.012

Mayer, R. E. (2002). Rote Versus Meaningful Learning. *Theory Into Practice*, *41*(4), 226–232. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_4

Nguyen, N.-L., & Meltzer, D. E. (2003). Initial understanding of vector concepts among students in introductory physics courses. *American Journal of Physics*, *71*(6), 630–638. https://doi.org/10.1119/1.1571831

Nitko, A. J., & Brookhart, S. M. (2013). *Educational Assessment of Students*. Pearson Education.

Redish, E. F., & Kuo, E. (2015). Language of Physics, Language of Math: Disciplinary Culture and Dynamic Epistemology. *Science & Education*, *24*(5–6), 561–590. https://doi.org/10.1007/s11191-015-9749-7

Skemp, R. R. (1976). Relational Understanding and Instrumental Understanding. *Mathematics Teaching*, 20–26.

Streveler, R. A., Litzinger, T. A., Miller, R. L., & Steif, P. S. (2008). Learning Conceptual Knowledge in the Engineering Sciences: Overview and Future Research Directions. *Journal of Engineering Education*, *97*(3), 279–294. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2008.tb00979.x

Zhao, F. F., Chau, L., & Schuchardt, A. (2021). Blended and more: Instructors organize sensemaking opportunities for mathematical equations in different ways when teaching the same scientific phenomenon. *International Journal of STEM Education*, *8*(1), 26. https://doi.org/10.1186/s40594-021-00280-5