

IDENTIFIKASI MISKONSEPSI MAHASISWA CALON GURU FISIKA PADA MATERI TERMODINAMIKA MELALUI TES DIAGNOSTIK *FOUR TIER* BERBASIS *WEB*

Ina Yuliana*, Putu Widiarini

Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Pendidikan Ganesha, Indonesia

*Corresponding author email: inay@gmail.com

Article History

Received: 26 April 2026

Revised: 2 May 2026

Published: 9 May 2026

ABSTRACT

A deep understanding of physics concepts is essential for pre-service teachers, particularly in thermodynamics, which is inherently complex. This study aims to identify students' misconceptions using a web-based four-tier diagnostic test. The research employed a quantitative approach with a descriptive exploratory method involving 15 students from the Physics Education Program at Universitas Pendidikan Ganesha who had completed the Thermodynamics course. The research instrument consisted of 15 items designed to classify students' responses into three categories: conceptual understanding, lack of understanding, and misconceptions. The results indicate that misconceptions remain prevalent in several thermodynamics subtopics, particularly the ideal gas law, the First Law of Thermodynamics, thermodynamic processes, and entropy. Most misconceptions were accompanied by high levels of confidence. Additionally, some students provided factually correct answers but demonstrated incorrect conceptual reasoning. These findings suggest that the conceptual understanding of pre-service physics teachers is not yet fully developed and highlight the importance of using diagnostic tests as a basis for designing more effective thermodynamics instruction.

Keywords: *Misconceptions, Thermodynamics, Four-Tier Diagnostic Test, Web-Based*

Copyright © 2026, The Author(s).

How to cite: Yuliana, I., Widiarini, P., & Sudiatmika, A. I. A. R. (2026). Identifikasi Miskonsepsi Mahasiswa Calon Guru Fisika Pada Materi Termodinamika Melalui Tes Diagnostik Four Tier Berbasis Web. NUSRA : Jurnal Penelitian Dan Ilmu Pendidikan, 7(2), 211–225. <https://doi.org/10.55681/nusra.v7i2.6215>



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

LATAR BELAKANG

Pemahaman konseptual yang kuat merupakan fondasi penting dalam pembelajaran fisika, terutama bagi mahasiswa calon guru yang kelak akan menjadi penerus keilmuan kepada generasi berikutnya. Salah satu topik dalam fisika yang memiliki tingkat kompleksitas tinggi (Mulop et al., 2012) dan masih sangat umum dijumpai miskonsepsi adalah termodinamika (Hidayat & Muslimin, 2022). Konsep-konsep dalam termodinamika, seperti hukum termodinamika, entropi, kalor, dan energi sering kali disalahpahami karena memerlukan pemahaman terhadap fenomena yang bersifat abstrak serta mencakup interpretasi pada level makroskopis maupun mikroskopis. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa konsep tentang proses isobaric gas ideal dan keadaan ideal kesetimbangan mekanik merupakan bagian yang paling sulit dipahami oleh mahasiswa (Sutarja & Wulandari, 2021). Selain itu, mahasiswa juga sering mengalami kesulitan dalam memahami dan menerapkan hukum pertama termodinamika secara tepat serta konsep entropi dan hukum kedua termodinamika (Brown & Singh, 2021; Brundage et al., 2024). Beberapa miskonsepsi umum lainnya yang ditemukan dalam kajian literatur meliputi kesalahan dalam memahami proses ekspansi adiabatik reversibel, hubungan antara usaha dan kalor dalam perubahan energi, dan interpretasi diagram P-V (Maulida et al., 2024).

Jika miskonsepsi semacam ini tidak diidentifikasi dan ditangani sejak dini, maka besar kemungkinan akan tertanam kuat dalam pemahaman mahasiswa. Hal ini dapat berdampak serius karena miskonsepsi tersebut berpotensi terbawa hingga ke dalam

praktik mengajar mereka di masa depan. Oleh karena itu, diperlukan upaya identifikasi yang komprehensif terhadap miskonsepsi yang terjadi, khususnya dalam materi termodinamika. Bagi mahasiswa calon guru fisika, penguasaan konsep yang keliru tidak hanya memengaruhi capaian akademik, tetapi juga berisiko menurunkan kualitas pembelajaran fisika ketika mahasiswa tersebut memasuki dunia profesi sebagai pendidik.

Salah satu pendekatan yang efektif dalam mengungkap miskonsepsi secara mendalam adalah tes diagnostik *four-tier* (Anggrayni & Ermawati, 2019; Gurel et al., 2015; Yuliana, 2023). Instrumen ini juga telah banyak dikembangkan dan digunakan dalam penelitian pendidikan fisika karena dinilai mampu memberikan informasi diagnosis konseptual yang lebih komprehensif dibandingkan tes konvensional (Çelikkanlı & Kızılcık, 2022). Sejalan dengan (Caleon & Subramaniam, 2010a), tes diagnostik jenis ini dimanfaatkan untuk memperoleh gambaran yang lebih utuh mengenai tingkat pemahaman peserta didik terhadap suatu konsep tertentu. Berbeda dengan tes pilihan ganda biasa, tes *four-tier* menyajikan empat tahapan analisis, yaitu: jawaban pilihan ganda (*tier-1*), tingkat keyakinan terhadap jawaban yang telah dipilih (*tier-2*), alasan atas jawaban yang dipilih pada *tier-1* (*tier 3*), dan tingkat keyakinan terhadap pilihan alasan (*tier-4*) (Pujayanto et al., 2018). Pendekatan ini memungkinkan identifikasi tidak hanya pada jawaban salah, tetapi juga pada alasan di balik kesalahan dan tingkat keyakinan konseptual yang menyertainya, sehingga dapat membedakan antara miskonsepsi, ketidaktahuan, dan jawaban menebak (Caleon & Subramaniam, 2010b).

Selain itu, integrasi teknologi dalam pengembangan instrumen berbasis web memungkinkan pelaksanaan tes secara fleksibel, cepat, dan efisien (Jamaluddin et al., 2015; Öz & Özturan, 2018). Tes diagnostik *four-tier* berbasis web memberikan kemudahan akses, otomatisasi dalam pengumpulan data, dan kemudahan analisis hasil secara real time (Pujayanto et al., 2018). Dalam konteks pendidikan tinggi saat ini, pendekatan ini sejalan dengan transformasi digital dalam pembelajaran dan asesmen.

Namun demikian, kajian literatur menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian sebelumnya masih terbatas pada penggunaan tes diagnostik berbasis kertas, dan belum banyak yang mengintegrasikan pendekatan *four-tier* secara komprehensif dalam platform berbasis web. Selain itu, masih sedikit penelitian yang secara khusus mengungkap pola-pola miskonsepsi mahasiswa calon guru fisika pada materi termodinamika dengan kedalaman analisis sampai pada dimensi keyakinan konsep yang menyertai jawaban dan alasan yang diberikan. Dengan demikian, kebaruan dari penelitian ini terletak pada penerapan tes diagnostik *four-tier* berbasis *web* untuk mengidentifikasi miskonsepsi mahasiswa calon guru fisika pada materi termodinamika secara simultan antara jawaban, alasan, dan tingkat keyakinan responden. Penelitian ini juga menawarkan pemetaan miskonsepsi yang lebih rinci pada konsep-konsep termodinamika sehingga dapat menjadi dasar penyusunan strategi remediasi yang lebih tepat sasaran. Secara praktis, penelitian ini berupaya menjawab keterbatasan studi sebelumnya yang belum mengoptimalkan instrumen digital dan belum mengkaji struktur miskonsepsi mahasiswa secara mendalam.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi miskonsepsi mahasiswa calon guru fisika pada materi termodinamika dengan memanfaatkan tes diagnostik *four-tier* berbasis web. Penelitian ini akan merinci jenis-jenis miskonsepsi yang muncul serta pengelompokan tingkat pemahaman konsep mahasiswa yang dikategorikan ke dalam tiga kategori, yaitu: paham konsep, tidak paham konsep, dan miskonsepsi.

Penelitian ini penting dan mendesak karena memberikan kontribusi langsung pada peningkatan kualitas pendidikan guru, terutama dalam hal penguasaan konsep dasar fisika yang benar. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan refleksi kurikulum, pengembangan metode pembelajaran, serta penyusunan program remediasi yang tepat sasaran. Dengan demikian, penelitian ini memiliki nilai strategis dalam mendukung penguatan kompetensi profesional mahasiswa calon guru fisika di era digital.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif eksploratif. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi miskonsepsi mahasiswa calon guru fisika pada materi termodinamika dengan menggunakan tes diagnostik *four-tier* berbasis *web*. Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahapan sistematis, mulai dari studi literatur dan studi lapangan, pengembangan instrumen, validasi, implementasi, hingga analisis data penelitian.

Subjek dalam penelitian ini adalah mahasiswa program studi pendidikan fisika Universitas Pendidikan Ganesha yang telah menempuh mata kuliah termodinamika. Penentuan subjek dilakukan dengan

menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu teknik pengambilan sampel berdasarkan kriteria tertentu yang sesuai dengan tujuan penelitian. Jumlah sampel pada penelitian ini sebanyak 15 mahasiswa, dengan pertimbangan cukup untuk memperoleh gambaran awal mengenai profil miskonsepsi mahasiswa pada materi termodinamika.

Instrumen penelitian yang digunakan berupa tes diagnostik *four-tier* berbasis web yang terdiri atas 15 butir soal pada materi termodinamika. Setiap butir soal memuat empat tingkatan respons, yaitu: (1) jawaban pilihan ganda, (2) tingkat keyakinan terhadap jawaban, (3) alasan pilihan ganda, dan (4) tingkat keyakinan terhadap alasan. Penyusunan soal mengacu pada capaian pembelajaran mata kuliah termodinamika pada jenjang pendidikan tinggi calon guru fisika. Instrumen dikembangkan berdasarkan lima topik utama, yaitu: (1) kesetimbangan termal dan perpindahan kalor, (2) hukum gas ideal dan hubungan antara tekanan (P), volume (V), dan suhu (T), (3) usaha dan Hukum I Termodinamika, (4) proses Termodinamika dan mesin kalor, serta (5) entropi dan Hukum II Termodinamika. Kisi-kisi instrumen penelitian disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kisi-kisi Instrumen Tes Diagnostik *Four Tier*

No	Topik Materi	Indikator yang Diukur	Nomor Soal
1	Kesetimbangan termal dan perpindahan kalor	Menjelaskan konsep suhu, kalor, dan perpindahan kalor	1, 3, 4
2	Hukum gas ideal	Menentukan hubungan tekanan, volume, dan suhu gas ideal	2, 5, 6
3	Usaha dan Hukum I	Menganalisis hubungan kalor,	8, 9, 15

	Termodinamika	usaha, dan energi dalam	
4	Proses Termodinamika dan mesin kalor	Mengidentifikasi karakteristik proses isothermal, isobarik, isokhorik, adiabatik	7, 10, 11, 12
5	Entropi dan Hukum II Termodinamika	Menjelaskan arah proses alami dan efisiensi mesin kalor	13, 14

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan sistematis untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Tahap pertama adalah studi literatur dan studi lapangan, yang dilakukan dengan menganalisis materi termodinamika berdasarkan silabus, buku teks, dan hasil penelitian terdahulu guna mengidentifikasi konsep-konsep kunci serta potensi miskonsepsi pada materi termodinamika. Tahap kedua adalah pengembangan tes diagnostik *Four-Tier* berbasis *web*. Pada tahap ini, peneliti merancang butir soal, alternatif jawaban, alasan, serta system berbasis *web* yang memungkinkan pengumpulan data secara otomatis.

Tahap ketiga adalah validasi instrumen. Validasi isi dilakukan oleh ahli materi fisika dan ahli evaluasi pembelajaran untuk menilai kesesuaian indikator, kebenaran konsep, konstruksi soal, dan kejelasan bahasa. Setelah direvisi sesuai masukan validator, instrumen diuji coba secara terbatas kepada 15 mahasiswa untuk mengetahui validitas empiris, reliabilitas, serta keterbacaan instrumen.

Tahap keempat adalah implementasi, di mana tes diagnostik disebarluaskan kepada mahasiswa melalui *platform web* yang telah disiapkan. Data yang terkumpul kemudian dianalisis pada tahap analisis data menggunakan teknik deskriptif kuantitatif.

Kategori miskonsepsi ditentukan berdasarkan kombinasi respons pada keempat tingkatan tes. Selain itu, dilakukan pemetaan miskonsepsi untuk mengetahui distribusi dan frekuensi miskonsepsi yang muncul pada setiap topik dalam materi termodinamika.

Teknik analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan mengelompokkan jawaban mahasiswa ke dalam tiga kategori, yaitu paham konsep (PK), tidak paham konsep (TPK), dan miskonsepsi (M). Klasifikasi ini didasarkan pada kombinasi antara jawaban dan tingkat keyakinan yang diberikan oleh mahasiswa pada setiap *tier* instrumen *four-tier*. Setelah pengelompokan dilakukan, persentase masing-masing kategori dihitung untuk setiap subtopik materi termodinamika. Tujuan dari langkah ini adalah untuk mengetahui sejauh mana miskonsepsi terjadi dan bagaimana distribusinya di antara subtopik yang diuji.

Untuk mendukung interpretasi hasil secara visual, data yang diperoleh kemudian disajikan dalam bentuk grafik dan diagram, sehingga memudahkan identifikasi pola miskonsepsi mahasiswa. Adapun interpretasi kategori hasil tes diagnostic *four tier* disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Interpretasi Hasil Tes Diagnostik Four Tier

Kategori	Tipe Jawaban			
	Jawaban	Tingkat Keyakinan Jawaban	Alasan	Tingkat Keyakinan Alasan
PK	Benar	Y	Benar	Y
TPK	Benar	Y	Benar	TY
TPK	Benar	TY	Benar	Y
TPK	Benar	TY	Benar	TY

M	Benar	Y	Salah	Y
TPK	Benar	Y	Salah	TY
TPK	Benar	TY	Salah	Y
TPK	Benar	TY	Salah	TY
TPK	Salah	Y	Benar	Y
TPK	Salah	Y	Benar	TY
TPK	Salah	TY	Benar	Y
TPK	Salah	TY	Benar	TY
M	Salah	Y	Salah	Y
TPK	Salah	Y	Salah	TY
TPK	Salah	TY	Salah	Y
TPK	Salah	TY	Salah	TY

Sumber: dimodifikasi dari (Gurel et al., 2015)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Deskripsi Umum Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan utama untuk mengidentifikasi miskonsepsi yang dimiliki oleh mahasiswa calon guru fisika pada konsep-konsep penting dalam materi termodinamika serta mengembangkan instrumen diagnostik berbasis web yang mampu memetakan miskonsepsi tersebut secara rinci dan sistematis. Pelaksanaan penelitian mencakup beberapa tahapan utama, mulai dari pengembangan instrumen, validasi ahli, uji coba terbatas, hingga analisis hasil tes untuk memperoleh peta miskonsepsi mahasiswa.

Tahap pertama diawali dengan pengembangan instrumen tes diagnostik berbentuk *Four Tier Test*, yang terdiri atas

empat tingkatan jawaban. Tingkat pertama berisi pertanyaan konseptual mengenai fenomena termodinamika, tingkat kedua menanyakan tingkat keyakinan terhadap jawaban pada tingkat pertama, tingkat ketiga berisi alasan yang mendasari jawaban, dan tingkat keempat menanyakan keyakinan terhadap alasan pada tingkat ketiga. Format empat tingkat ini dirancang untuk membedakan antara mahasiswa yang benar-benar memahami konsep dengan yang memiliki keyakinan tinggi terhadap pemahaman yang keliru (miskonsepsi), serta dengan mahasiswa yang belum memahami konsep sama sekali.

Tahap selanjutnya adalah proses validasi isi oleh para ahli yang terdiri dari dosen bidang pendidikan fisika dan pakar evaluasi pembelajaran. Para ahli menilai kesesuaian butir soal dengan indikator pembelajaran, kejelasan bahasa, serta kesesuaian struktur logis pertanyaan dan alasan. Setelah memperoleh masukan dan revisi dari para validator, dilakukan uji coba terbatas terhadap 15 mahasiswa program studi pendidikan fisika untuk menguji validitas empiris dan reliabilitas instrumen. Data yang dikumpulkan dari uji coba ini digunakan untuk menganalisis kualitas butir soal serta mengelompokkan tingkat pemahaman mahasiswa.

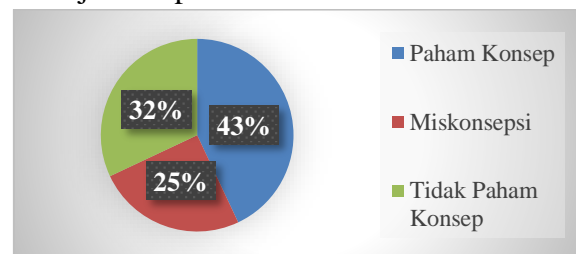
Selama proses pelaksanaan penelitian, mahasiswa diberikan akses untuk mengerjakan tes diagnostik melalui platform berbasis web yang dikembangkan secara khusus. Sistem ini memungkinkan penyimpanan data respon secara otomatis dan efisien, serta memudahkan analisis hasil pada tiap tingkat jawaban. Data yang diperoleh dari keempat tingkat tersebut kemudian diolah untuk menentukan kategori pemahaman mahasiswa, yaitu paham konsep, miskonsepsi, dan tidak

paham konsep. Analisis dilakukan baik secara individual maupun per subtopik materi termodinamika untuk memetakan pola miskonsepsi yang muncul.

Secara keseluruhan, pelaksanaan penelitian ini berjalan dengan baik dan sesuai dengan rencana. Melalui tahapan yang sistematis mulai dari perancangan, validasi, pengujian, hingga analisis hasil, diperoleh instrumen tes diagnostik *four-tier* berbasis *web* yang valid, reliabel, serta mampu memberikan gambaran mendalam mengenai miskonsepsi mahasiswa calon guru fisika pada materi termodinamika.

2) Analisis Tingkat Pemahaman Mahasiswa

Analisis tingkat pemahaman mahasiswa calon guru fisika dilakukan untuk mengidentifikasi sejauh mana mereka menguasai konsep-konsep dasar termodinamika serta pola miskonsepsi yang masih melekat dalam penalaran mereka. Instrumen tes diagnostik *four-tier* berbasis web memungkinkan pengukuran tidak hanya benar atau salahnya jawaban, tetapi juga alasan serta tingkat keyakinan terhadap jawaban dan alasan tersebut. Berdasarkan hasil tes dari 15 mahasiswa yang menjadi responden, diperoleh distribusi tingkat pemahaman sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Distribusi Kategori Pemahaman Konsep Mahasiswa Secara Keseluruhan

Gambar 1 menunjukkan bahwa meskipun 43% mahasiswa tergolong paham konsep, persentase tersebut belum

mencapai separuh dari total responden. Dua kategori lainnya, yaitu miskonsepsi (25%) dan tidak paham konsep (32%) masih menempati proporsi yang cukup besar. Temuan ini mengindikasikan bahwa sebagian mahasiswa mampu menjawab benar hanya pada level permukaan, sedangkan secara konseptual mereka belum sepenuhnya memahami materi. Analisis mendalam pada bagian alasan dan tingkat keyakinan juga menunjukkan bahwa banyak di antara mereka memberikan alasan yang keliru dan disertai tingkat keyakinan tinggi. Hal ini menjadi indikator kuat bahwa miskonsepsi masih melekat dalam struktur kognitif mahasiswa calon guru fisika.

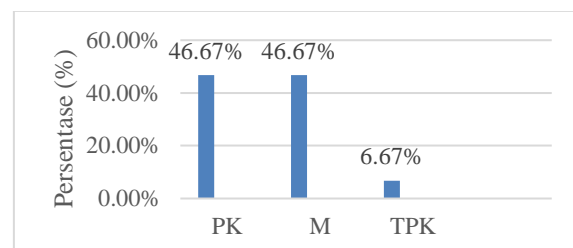
Sebagai ilustrasi, berikut hasil analisis pada beberapa soal yang menunjukkan persentase miskonsepsi paling banyak. Pertama, pada soal nomor 2 yang berkaitan dengan subpokok materi hukum gas ideal, khususnya tentang hukum Charles. Konsep yang diuji dalam soal ini adalah kemampuan mahasiswa memahami pengaruh perubahan suhu terhadap volume gas pada kondisi tekanan konstan. Fenomena yang digunakan dalam soal yaitu perubahan volume balon helium antara siang dan malam hari dirancang untuk menilai sejauh mana mahasiswa dapat mengaitkan konsep mikroskopik energi kinetik partikel gas dengan gejala makroskopik berupa perubahan volume balon.

Berdasarkan hasil analisis jawaban mahasiswa pada soal nomor 2 ini menunjukkan bahwa pada *tier-1* sebanyak 80% mahasiswa memilih jawaban benar (opsi D), sedangkan 20% mahasiswa menjawab salah (opsi C). Tidak ada mahasiswa yang memilih opsi A, B, maupun E. Pada *tier-2*, sebagian besar

mahasiswa (93,3%) menyatakan yakin terhadap jawaban yang dipilih, sedangkan sisanya (6,7%) menyatakan tidak yakin. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa memiliki tingkat keyakinan tinggi terhadap pemahamannya, baik yang benar maupun yang keliru.

Selanjutnya, pada *tier-3* (alasan) terdapat 53% mahasiswa yang memilih alasan benar (opsi B), yaitu “Ketika suhu udara menurun, energi kinetik partikel gas berkurang sehingga volume gas di dalam balon juga berkurang.” Namun, 20% mahasiswa memilih alasan salah (opsi A) “Ketika suhu menurun, sebagian helium keluar dari balon sehingga volumenya berkurang”, dan 26% mahasiswa memilih alasan salah (opsi C) “Udara malam yang dingin memiliki tekanan lebih besar sehingga menekan balon dari luar dan membuatnya mengempis.” Kemudian analisis berikutnya pada *tier-4* seluruh mahasiswa (100%) menyatakan yakin terhadap alasan yang dipilih, baik alasan yang benar maupun yang keliru.

Untuk memberikan gambaran menyeluruh, hasil interpretasi empat *tier* pada soal nomor 2 disajikan dalam Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Distribusi Kategori Pemahaman Konsep Mahasiswa pada Soal Nomor 2

Berdasarkan visualisasi Gambar 2 tersebut, terlihat bahwa sebesar 46,67% mahasiswa termasuk ke dalam kategori miskonsepsi, 46,67% termasuk kategori paham konsep, dan 6,67% termasuk

kategori tidak paham konsep. Temuan ini menegaskan bahwa meskipun secara kuantitatif sebagian besar mahasiswa menjawab benar pada *tier-1*, hasil gabungan dari empat *tier* menunjukkan bahwa pemahaman konseptual mereka belum sepenuhnya kuat. Adanya keyakinan tinggi terhadap alasan yang salah mengindikasikan bahwa miskonsepsi pada konsep hubungan suhu dan volume gas masih cukup mendalam.

Miskonsepsi yang muncul pada soal nomor 2 ini adalah anggapan bahwa balon mengempis karena gas helium keluar dari balon atau karena tekanan udara luar meningkat saat malam hari, bukan karena penurunan suhu yang mengurangi energi kinetik partikel gas dan menyebabkan volume gas menyusut. Mahasiswa dengan miskonsepsi ini gagal memahami hubungan antara suhu dan volume pada tekanan konstan sebagaimana dijelaskan dalam Hukum Charles ($V \propto T$ pada tekanan tetap).

Temuan ini menunjukkan bahwa mahasiswa cenderung menggunakan penalaran berdasarkan pengalaman sehari-hari dibandingkan prinsip ilmiah hukum gas ideal. Anggapan bahwa balon mengempis karena gas keluar atau karena tekanan udara luar meningkat menandakan bahwa mahasiswa belum mampu menghubungkan perubahan suhu dengan energi kinetik partikel gas secara mikroskopik. Hasil ini sejalan dengan (Mulop et al., 2012) yang menyatakan bahwa konsep termodinamika sering sulit dipahami karena menuntut keterkaitan antara representasi makroskopik dan mikroskopik secara simultan. Selain itu, temuan ini juga konsisten dengan (Brown & Singh, 2021) yang menunjukkan bahwa mahasiswa sering mampu memilih

jawaban benar, tetapi belum memiliki pemahaman konseptual yang memadai terhadap prinsip-prinsip termodinamika. Kondisi tersebut menandakan bahwa mahasiswa belum membangun keterkaitan konseptual antara perubahan suhu, energi kinetik partikel, dan perubahan volume gas sebagai satu kesatuan konsep yang utuh.

Kedua, soal nomor 5 yang berfokus pada subpokok materi hukum gas ideal dan diagram P–V. Soal ini menilai kemampuan mahasiswa dalam menghubungkan konsep tekanan (P), volume (V), dan suhu (T) untuk menentukan hubungan antar variabel dalam proses perubahan keadaan gas ideal. Konsep yang diujikan berkaitan langsung dengan persamaan keadaan gas ideal ($PV = nRT$), serta kemampuan mahasiswa untuk menafsirkan grafik P–V sebagai representasi hubungan antara ketiga besaran tersebut dalam konteks termodinamika.

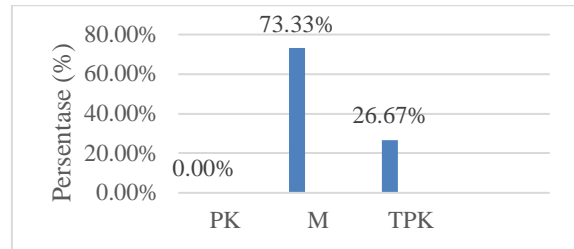
Namun, hasil analisis menunjukkan bahwa masih terdapat beberapa mahasiswa yang belum benar-benar memahami konsep ini secara utuh. Berdasarkan jawaban *tier-1* sebanyak 66,7% mahasiswa memilih jawaban benar (opsi C), sebesar 13,3% mahasiswa memilih jawaban salah (opsi A), dan (20%) mahasiswa memilih jawaban salah (opsi D). Pada *tier-2* sebagian besar mahasiswa menunjukkan tingkat keyakinan tinggi terhadap jawabannya (yakin), yang mengindikasikan bahwa kesalahan konsep yang muncul bukan karena ketidaktahuan, melainkan karena keyakinan terhadap pemahaman yang keliru (miskonsepsi).

Selanjutnya, pada *tier-3* (alasan), mahasiswa menunjukkan variasi dalam pemilihan alasan. Sebagian mahasiswa yang menjawab benar pada tier 1 justru memilih alasan yang tidak sesuai dengan

konsep ilmiah, misalnya: “Tekanan P berbanding lurus dengan suhu T, tetapi volume tidak memengaruhi perubahan suhu”, atau “Tekanan P berbanding terbalik dengan suhu T, sehingga jika P meningkat maka T menurun”. Sementara alasan ilmiah yang benar seharusnya adalah “Suhu gas berbanding lurus dengan hasil kali antara tekanan dan volume (PV), sehingga semakin besar PV maka semakin tinggi suhu gas.”

Pada *tier-4*, sebagian besar mahasiswa menyatakan yakin terhadap alasan yang mereka pilih, baik alasan yang benar maupun salah. Hal ini memperkuat indikasi bahwa miskonsepsi yang terjadi bersifat konseptual mendalam, bukan sekadar kesalahan teknis atau kurangnya ketelitian. Terakhir, setelah dilakukan interpretasi data dengan indikator penilaian pada Tabel 1 diperoleh bahwa sebesar 73,33% mahasiswa mengalami miskonsepsi, dan sebesar 26,67% mahasiswa termasuk dalam kategori tidak paham konsep. Hasil ini menunjukkan bahwa mahasiswa belum memahami secara menyeluruh bagaimana hubungan antara besaran P, V, dan T dalam proses perubahan keadaan gas ideal. Meskipun sebagian besar memilih jawaban benar, alasan yang digunakan menunjukkan bahwa mereka belum mampu mengaitkan fenomena pada grafik P–V dengan hukum gas ideal secara ilmiah.

Untuk memberikan gambaran menyeluruh, hasil interpretasi empat *tier* pada soal nomor 5 disajikan dalam Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Distribusi Kategori Pemahaman Konsep Mahasiswa pada Soal Nomor 5

Gambar 3 menunjukkan distribusi kategori pemahaman konsep mahasiswa pada soal nomor 5 sebagian besar mahasiswa, yaitu 73,33%, tergolong dalam kategori miskonsepsi, sementara 26,67% berada pada kategori tidak paham konsep, dan tidak terdapat mahasiswa yang termasuk kategori paham konsep. Hasil ini mengindikasikan bahwa konsep yang diuji pada soal nomor 5 masih belum dipahami dengan baik dan didominasi oleh pemahaman keliru.

Jenis miskonsepsi utama yang ditemukan pada soal ini adalah anggapan bahwa tekanan berbanding terbalik dengan suhu gas, serta ketidakmampuan memahami keterkaitan antara tekanan, volume, dan suhu dalam persamaan $PV = nRT$. Mahasiswa cenderung memandang perubahan tekanan dan volume secara terpisah tanpa mempertimbangkan hubungan matematis yang menunjukkan bahwa suhu gas sebanding dengan hasil kali tekanan dan volume. Beberapa mahasiswa juga menganggap bahwa perubahan volume tidak memengaruhi suhu, atau bahwa tekanan dan suhu berbanding terbalik, yang bertentangan dengan prinsip dasar gas ideal. Hal ini menunjukkan adanya miskonsepsi konseptual pada level hubungan antarvariabel fisis, yang menjadi ciri khas kesulitan dalam memahami representasi grafik termodinamika.

Persentase miskonsepsi yang sangat tinggi pada soal ini menunjukkan bahwa mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami hubungan multivariabel antara tekanan, volume, dan suhu secara simultan. Mahasiswa cenderung memahami setiap besaran secara terpisah, bukan sebagai sistem yang saling berkaitan dalam persamaan gas ideal. Temuan ini sejalan dengan (Brown & Singh, 2021) yang menemukan bahwa mahasiswa sering mengalami kesulitan menafsirkan hubungan antarvariabel termodinamika serta representasi grafik. Hasil serupa juga dilaporkan oleh (Sutarja & Wulandari, 2021) yang menunjukkan bahwa konsep gas ideal dan hubungan keadaan termodinamika masih menjadi bagian yang sulit dipahami mahasiswa. Selain itu, (Mulop et al., 2012) menegaskan bahwa karakter abstrak konsep termodinamika sering menyebabkan mahasiswa kesulitan menghubungkan representasi matematis, grafik, dan makna fisis secara bersamaan. Temuan ini mengindikasikan bahwa pemahaman mahasiswa masih bersifat parsial, yaitu mengenali masing-masing besaran fisis secara terpisah, tetapi belum mampu menafsirkan keterkaitan tekanan, volume, dan suhu dalam perubahan keadaan gas secara utuh.

Ketiga, soal nomor 7 yang berkaitan dengan subpokok materi proses termodinamika. Konsep utama yang diuji dalam soal ini adalah pemahaman mahasiswa terhadap karakteristik proses isothermal, yaitu proses yang terjadi pada suhu konstan ($\Delta T = 0$), sehingga energi dalam gas tidak berubah ($\Delta U = 0$) meskipun terjadi perpindahan kalor. Konsep ini merupakan penerapan langsung dari Hukum I Termodinamika ($\Delta U = Q - W$), di mana pada proses isothermal untuk

gas ideal, energi dalam hanya bergantung pada suhu.

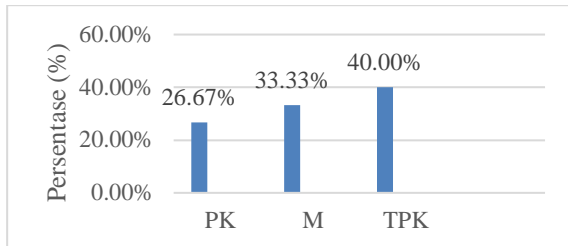
Berdasarkan hasil tes diagnostik *four-tier*, pada *tier-1* sebanyak 40% mahasiswa menjawab benar (memilih opsi D), sedangkan 60% memberikan jawaban lain (46,7% memilih opsi E, 6,7% opsi B, 6,7% opsi C). Pada *tier-2*, sebesar 93,3% mahasiswa menyatakan yakin terhadap jawaban mereka, dan hanya 6,7% yang tidak yakin. menunjukkan tingkat keyakinan yang tinggi terhadap pemahaman yang mereka miliki. Tingginya tingkat keyakinan ini menunjukkan bahwa kesalahan yang muncul bukan sekadar akibat ketidaktahuan atau ketidaktelitian, melainkan menunjukkan adanya miskonsepsi konseptual yang cukup kuat pada sebagian mahasiswa.

Untuk *tier-3* (alasan), data menunjukkan bahwa mayoritas (53,3%) memilih alasan yang benar (A: "Suhu konstan berarti energi dalam gas tetap"). Sisanya tersebar pada alasan-alasan keliru dengan persentase masing-masing: 26,7% memilih alasan B, dan 6,7% masing-masing memilih alasan C, D, dan E. Dengan kata lain, pilihan alasan yang benar adalah pilihan mayoritas, tetapi terdapat sejumlah mahasiswa (sekitar 46,7%) yang tetap memilih alasan yang keliru.

Pada *tier-4*, sebagian besar mahasiswa (86,7%) menyatakan yakin terhadap alasan yang mereka pilih, dan 13,3% tidak yakin. Kombinasi ini menandakan dua hal penting: (1) ada kelompok mahasiswa yang memang memahami konsep isothermal secara benar (mereka memilih jawaban dan alasan yang benar dengan keyakinan tinggi), dan (2) ada kelompok lain yang memilih alasan keliru tetapi tetap yakin terhadap alasan itu

menandakan adanya miskonsepsi yang cukup melekat pada sebagian mahasiswa.

Untuk memberikan gambaran menyeluruh, hasil interpretasi empat *tier* pada soal nomor 7 disajikan dalam Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Distribusi Kategori Pemahaman Konsep Mahasiswa pada Soal Nomor 7

Gambar 4 menunjukkan distribusi kategori pemahaman konsep mahasiswa pada soal nomor 7, di mana kategori tidak paham konsep memiliki persentase tertinggi sebesar 40,00%, diikuti oleh miskonsepsi sebesar 33,33% dan paham konsep sebesar 26,67%. Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa belum memiliki pemahaman konseptual yang memadai terhadap konsep termodinamika, khususnya tentang proses isothermal pada gas ideal, dengan kecenderungan dominasi ketidakpahaman dan miskonsepsi.

Beberapa miskonsepsi yang teridentifikasi pada soal nomor 7 ini antara lain anggapan bahwa energi dalam berubah selama proses isothermal atau bahwa pemuaian otomatis menyebabkan peningkatan energi dalam. Ada pula kesalahpahaman yang mengaitkan perpindahan kalor dengan penurunan suhu tanpa mempertimbangkan kerja yang dilakukan sistem.

Miskonsepsi pada proses isothermal menunjukkan bahwa mahasiswa belum memahami bahwa energi dalam gas ideal hanya bergantung pada suhu. Banyak

mahasiswa menganggap bahwa setiap pemuaian pasti menyebabkan kenaikan energi dalam, padahal pada proses isothermal perubahan energi dalam bernilai nol. Temuan ini memperlihatkan adanya kecenderungan mahasiswa menggunakan intuisi umum tanpa mempertimbangkan syarat proses termodinamika. Kondisi serupa juga dilaporkan pada studi (Brundage et al., 2024) yang menunjukkan bahwa mahasiswa sering keliru membedakan karakteristik masing-masing proses termodinamika.

Keempat, soal nomor 15 yang berkaitan dengan subpokok materi usaha dan penerapan Hukum I Termodinamika. Konsep utama yang diuji adalah hubungan antara kalor, energi dalam, dan kerja dalam sistem gas ideal. Pada proses isokhorik, karena volume tetap ($\Delta V = 0$), tidak ada kerja yang dilakukan oleh sistem ($W = 0$). Dengan demikian, seluruh kalor yang diberikan pada sistem (Q) digunakan untuk menaikkan energi dalam gas ($\Delta U = Q$). Akibat peningkatan energi dalam, suhu gas naik dan tekanan gas juga meningkat karena hubungan $P \propto T$ pada volume tetap ($P = nRT/V$).

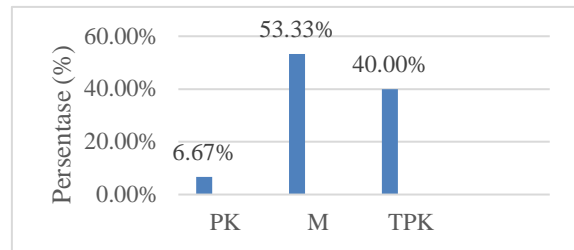
Berdasarkan hasil jawaban mahasiswa pada *tier-1*, sebanyak 73,3% mahasiswa menjawab benar (opsi E), sedangkan sisanya menjawab salah, dengan distribusi 13,3% memilih opsi C, 6,7% memilih opsi A, dan 6,7% memilih opsi D. Pada *tier-2*, 73,3% mahasiswa menyatakan yakin terhadap jawaban yang mereka pilih, sedangkan 26,7% lainnya tidak yakin. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa merasa cukup percaya diri dengan jawabannya meskipun belum tentu memahami konsep secara menyeluruh.

Untuk *tier-3* (alasan), hasil menunjukkan bahwa hanya 13,3% mahasiswa memilih alasan yang benar (opsi D), yaitu “Karena volume tetap, maka tidak ada kerja yang dilakukan sehingga seluruh kalor menambah energi dalam”), sedangkan 80% mahasiswa memilih alasan salah (opsi A), yaitu “Ketika suhu meningkat, tekanan juga meningkat karena volume tetap” dan 6,7% lainnya memilih alasan salah (opsi E), yaitu “Kalor hanya memengaruhi energi dalam tanpa memengaruhi tekanan”. Meskipun sebagian besar mahasiswa (73,3%) menjawab benar pada *tier-1*, alasan yang mereka berikan umumnya tidak menunjukkan pemahaman yang tepat mengenai mekanisme energi dalam dan kerja pada proses isokhorik. Hal ini menandakan bahwa sebagian besar mahasiswa menjawab benar hanya berdasarkan hafalan atau logika umum, bukan dari pemahaman konseptual yang mendalam terhadap Hukum I Termodinamika.

Pada *tier-4*, 86,7% mahasiswa menyatakan yakin terhadap alasan yang mereka pilih, sementara 13,3% tidak yakin. Tingginya tingkat keyakinan pada alasan yang keliru menunjukkan adanya miskonsepsi yang cukup kuat, terutama dalam memahami hubungan antara kalor, energi dalam, dan tekanan pada volume tetap. Selanjutnya, berdasarkan hasil interpretasi keseluruhan yang menggunakan indikator penilaian empat tingkat, diperoleh bahwa 53,33% mahasiswa mengalami miskonsepsi, 6,67% paham konsep, dan 40% tidak paham konsep.

Untuk memberikan gambaran menyeluruh, hasil interpretasi empat *tier*

pada soal nomor 15 disajikan dalam Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Distribusi Kategori Pemahaman Konsep Mahasiswa pada Soal Nomor 15

Gambar 7 menunjukkan distribusi kategori pemahaman konsep mahasiswa pada soal nomor 15, di mana kategori miskonsepsi mendominasi dengan persentase sebesar 53,33%, diikuti oleh kategori tidak paham konsep sebesar 40,00%, sementara hanya 6,67% mahasiswa yang tergolong paham konsep. Temuan ini menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa belum memahami konsep usaha dan hukum I termodinamika secara benar dan masih mengalami kesulitan konseptual yang cukup signifikan.

Miskonsepsi yang paling dominan terjadi pada soal nomor 15 ini adalah pemahaman yang keliru mengenai hubungan kalor, kerja, dan energi dalam pada proses isokhorik. Sebagian besar mahasiswa beranggapan bahwa tekanan meningkat langsung karena suhu naik, tanpa memahami peran energi dalam yang sebenarnya menjadi penyebab utama. Ada pula yang beranggapan bahwa kalor hanya berpengaruh pada energi dalam, tanpa memengaruhi tekanan gas. Kesalahan ini menunjukkan bahwa mahasiswa belum sepenuhnya memahami penerapan persamaan Hukum I Termodinamika ($\Delta U = Q - W$) dan masih lemah dalam menalar keterkaitan antarbesaran fisis pada kondisi volume tetap.

Kesulitan mahasiswa pada soal ini menunjukkan bahwa konsep kalor, kerja, dan energi dalam masih dipahami secara terpisah, bukan sebagai besaran yang saling berhubungan dalam Hukum I Termodinamika. Mahasiswa mengetahui bahwa suhu meningkat menyebabkan tekanan naik, namun tidak mampu menjelaskan jalur penyebabnya melalui peningkatan energi dalam sistem. Temuan ini sejalan dengan (Brown & Singh, 2021) yang mengungkapkan bahwa mahasiswa sering mampu menjawab numerik tetapi gagal menjelaskan makna konseptual hukum termodinamika. Hal ini menandakan perlunya pembelajaran yang menekankan *reasoning* konseptual, bukan sekadar substitusi rumus.

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa instrumen diagnostik *four-tier* efektif digunakan untuk membedakan mahasiswa yang benar-benar memahami konsep dari mahasiswa yang hanya menjawab benar pada tingkat permukaan. Melalui analisis jawaban, alasan, dan tingkat keyakinan, pola miskonsepsi dapat diidentifikasi secara lebih rinci pada setiap subtopik termodinamika.

Secara umum, pola miskonsepsi yang ditemukan menunjukkan bahwa kesulitan utama mahasiswa tidak terletak pada perhitungan matematis, melainkan pada pemahaman makna fisis hubungan antarbesaran termodinamika. Mahasiswa cenderung mampu mengenali rumus, tetapi belum mampu menjelaskan keterkaitan antara kalor, kerja, energi dalam, tekanan, volume, dan suhu secara konseptual. Temuan ini dapat menjadi dasar dalam merancang pembelajaran remediasi yang lebih terarah pada sumber miskonsepsi mahasiswa.

KESIMPULAN

Penelitian ini mengungkap bahwa mahasiswa calon guru fisika masih menunjukkan tingkat miskonsepsi yang cukup tinggi pada konsep-konsep dasar termodinamika, meskipun sebagian telah memahami konsep dengan benar. Hasil analisis menggunakan tes diagnostik *four-tier* berbasis *web* memperlihatkan variasi tingkat pemahaman konseptual mahasiswa yang terbagi dalam tiga kategori, yaitu paham konsep, miskonsepsi, dan tidak paham konsep. Temuan ini menegaskan pentingnya penggunaan instrumen diagnostik berbasis teknologi sebagai alat evaluasi yang mampu mendeteksi miskonsepsi secara lebih akurat dan mendalam.

Penelitian ini memperkuat pemanfaatan tes diagnostik *four-tier* berbasis *web* sebagai instrumen asesmen konseptual dalam pendidikan fisika serta menambah kajian empiris mengenai pola miskonsepsi mahasiswa pada materi termodinamika. Hasil penelitian juga dapat menjadi dasar bagi dosen dalam merancang strategi pembelajaran, remediasi, dan evaluasi yang lebih tepat sasaran, khususnya pada konsep-konsep yang masih banyak disalahpahami mahasiswa. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan melibatkan cakupan responden yang lebih luas, konteks perguruan tinggi yang beragam, serta mengembangkan intervensi pembelajaran berbasis hasil diagnosis miskonsepsi agar peningkatan pemahaman konseptual mahasiswa dapat dilakukan secara lebih efektif dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Universitas Pendidikan Ganesha atas dana

yang diberikan untuk pelaksanaan penelitian ini melalui DIPA BLU sesuai dengan Kontrak Penelitian nomor 721/UN48.16/PT/2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggrayni, S., & Ermawati, F. U. (2019). The validity of Four-Tier's misconception diagnostic test for Work and Energy concepts. *Journal of Physics: Conference Series*, 1171(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1171/1/012037>
- Brown, B., & Singh, C. (2021). Student understanding of the first law and second law of thermodynamics. *European Journal of Physics*, 42(6). <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ac18b4>
- Brundage, M. J., Meltzer, D. E., & Singh, C. (2024). Investigating introductory and advanced students' difficulties with change in internal energy, work, and heat transfer using a validated instrument. *Physical Review Physics Education Research*, 20(1), 10115. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.20.010115>
- Caleon, I. S., & Subramaniam, R. (2010a). Development and application of a three-tier diagnostic test to assess secondary students' understanding of waves. *International Journal of Science Education*, 32(7), 939–961. <https://doi.org/10.1080/09500690902890130>
- Caleon, I. S., & Subramaniam, R. (2010b). Do students know What they know and what they don't know? Using a four-tier diagnostic test to assess the nature of students' alternative conceptions. *Research in Science Education*, 40(3), 313–337. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9122-4>
- Çelikkanlı, N. Ö., & Kızılcık, H. Ş. (2022). A Review of Studies About Four-Tier Diagnostic Tests in Physics Education. *Journal of Turkish Science Education*, 19(4), 1291–1311. <https://doi.org/10.36681/tused.2022.175>
- Gurel, D. K., Eryilmaz, A., & McDermott, L. C. (2015). A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(5), 989–1008. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1369a>
- Hidayat, E. H., & Muslimin. (2022). Analysis of Understanding the Concept of Thermodynamics for Prospective Physics Teachers. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online*, 10(1), 39–42.
- Jamaluddin, A., Harjunowibowo, D., Akbar Rochim, M., Mahadmadi, F., Bulan Kakanita, H., & Laksono, P. W. (2015). Implementation of RFID on Computer Based Test (RF-CBT) system. *Proceedings - Joint International Conference on Electric Vehicular Technology and Industrial, Mechanical, Electrical and Chemical Engineering, ICEVT 2015 and IMECE 2015*, 153–156. <https://doi.org/10.1109/ICEVTIMECE.2015.7496645>
- Maulida, F., Alatas, F., & Solehat, D. (2024). Studi Literatur Miskonsepsi Pembelajaran Hukum I Termodinamika: Identifikasi Dan Solusi. *Seminar Nasioanl FITK UIN Jakarta*, 1(1), 170–180.
- Mulop, N., Yusof, K. M., & Tasir, Z. (2012). A Review on Enhancing the Teaching and Learning of Thermodynamics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 56, 703–712. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.706>
- Öz, H., & Özturan, T. (2018). Computer-based and paper-based testing: Does the test administration mode influence the reliability and validity of achievement tests? *Journal of*

- Language and Linguistic Studies*, 14(1), 67–85. www.jlls.org
- Pujayanto, P., Budiharti, R., Adhitama, E., Nuraini, N. R. A., & Putri, H. V. (2018). The development of a web-based assessment system to identify students' misconception automatically on linear kinematics with a four-tier instrument test. *Physics Education*, 53(4), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aac695>
- Sutarja, M. C., & Wulandari, A. Y. R. (2021). Identifying students' difficulty in the basic of thermodynamics. *Journal of Physics: Conference Series*, 2126(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2126/1/012010>
- Yuliana, I. (2023). Kajian Literatur: Miskonsepsi dan Metode Identifikasinya. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 13(1), 267–275.