

Research Article

OPEN  ACCESS

Analisis Penalaran Mahasiswa dalam Memahami Proses Konveksi Melalui Fenomena Sirkulasi Udara

¹Agista Sintia Dewi Adila*, ¹Dea Santika Rahayu, ¹Choiriatun Nashifa, ²Ninik Munfarikha

¹Program Studi Sarjana Pendidikan IPA, Universitas Tidar, Kota Magelang, Jawa Tengah 56116, Indonesia

²Program Studi Sarjana Pendidikan Fisika, Universitas Musamus, Kabupaten Merauke, Papua Selatan 99611, Indonesia

INFO ARTIKEL

Article History:

Submitted: 11-03-2025

Revised : 24-10-2025

Accepted : 17-12-2025

Published: 24-12-2025

Keywords:

Air convection;

Thermodynamics;

Student Understanding;

Misconception

ABSTRACT

This study aims to explore students' understanding in analyzing air convection phenomena using thermodynamic concepts. The approach used is descriptive qualitative with the stages of data collection, data reduction, data presentation, and conclusion drawing. The research respondents consisted of 135 undergraduate students of Science Education Study Program at a state university in Central Java who had studied thermodynamic concepts. The results showed that most students were able to explain air convection using macroscopic and microscopic quantities, but were unable to fully connect the two. Density, which is a key factor in the convection mechanism, was rarely mentioned, even though the difference in density of hot and cold air is the main cause of convection flow. Several misconceptions were also found, such as the assumption that convective heat transfer occurs due to collisions between air particles and errors in selecting the relevant thermodynamic law. These findings indicate that students' understanding is still separate and unable to fully connect the macroscopic, microscopic, and phenomenological levels of representation. Therefore, more integrative learning strategies are needed, such as a phenomenological approach, particle visualization simulations, or case-based discussions, to help students build conceptual integration and reduce misconceptions in understanding thermodynamic phenomena.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pemahaman mahasiswa dalam menganalisis fenomena konveksi udara menggunakan konsep termodinamika. Pendekatan yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan tahapan pengumpulan data, reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Responden penelitian terdiri dari 135 mahasiswa Program Studi S1 Pendidikan IPA di salah satu perguruan tinggi negeri di Jawa Tengah yang telah mempelajari konsep termodinamika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa mampu menjelaskan konveksi udara menggunakan besaran makroskopis dan mikroskopis, namun belum dapat mengaitkan keduanya secara utuh. Massa jenis, yang merupakan faktor kunci dalam mekanisme konveksi, jarang disebutkan, meskipun perbedaan massa jenis udara panas dan dingin menjadi penyebab utama terjadinya aliran konveksi. Beberapa miskonsepsi juga ditemukan, seperti anggapan bahwa perpindahan kalor konveksi terjadi karena tumbukan antar partikel udara dan kekeliruan dalam memilih hukum termodinamika yang relevan. Temuan ini mengindikasikan bahwa pemahaman mahasiswa masih bersifat terpisah dan belum mampu menghubungkan level representasi makroskopis, mikroskopis, dan fenomenologis secara menyeluruh. Oleh karena itu, diperlukan strategi pembelajaran yang lebih integratif, seperti pendekatan fenomenologis, simulasi visualisasi partikel, atau diskusi berbasis kasus, untuk membantu mahasiswa membangun keterpaduan konsep dan mengurangi miskonsepsi dalam memahami fenomena termodinamika.



© 2025 the author(s)

*Corresponding Author

E-mail Adress: agista@untidar.ac.id

PENDAHULUAN

Termodinamika merupakan salah satu bagian dari kajian ilmu fisika yang berhubungan dengan energi. Sering kali, materinya bersifat matematis dan mengandung konsep-konsep abstrak (Meltzer, 2004; Alatas, 2018; Wiyono et al., 2019; Sinensis et al., 2019). Hal tersebut menyebabkan banyak mahasiswa yang merasa kesulitan dalam memvisualisasikan proses-proses yang terlibat dalam sistem termodinamika (Xing et al., 2023). Kompleksitas matematis dan konseptual dalam teori ini, membuatnya sulit dipahami tanpa pemahaman yang mendalam tentang dasar-dasar fisika. Kesulitan ini terasa semakin jelas ketika mereka dihadapkan pada soal-soal yang membutuhkan penerapan konsep secara mendetail.

Mahasiswa harus dapat menghubungkan konsep-konsep fisika, khususnya termodinamika, dengan peristiwa atau fenomena yang terjadi di dalam kehidupan sehari-hari (Arokoyu & Aderonmu, 2018; Zayyinah, Z., 2022). Pemahaman konteks nyata dapat membantu mahasiswa mengaitkan konsep abstrak dengan realitas yang lebih konkret. Ketika mahasiswa mampu melihat aplikasi langsung dari teori yang dipelajari, mereka cenderung akan lebih mudah memahami dan menguasai materi. Sebagai contoh, memahami bagaimana prinsip-prinsip termodinamika bekerja pada sistem mesin pendingin atau mesin pembakaran. Seperti yang telah diteliti oleh Smith et al. (2015), mahasiswa masih belum dapat memahami konsep entropi, siklus Carnot yang terkait dengan perubahan entropi, dan mesin kalor.

Sayangnya, banyak mahasiswa menghadapi kesulitan dalam menghubungkan konsep-konsep termodinamika dengan fenomena dalam kehidupan sehari-hari (Chu et al., 2012). Mereka sering kali gagal melihat keterkaitan antara teori yang dipelajari dengan peristiwa fisik di sekitar mereka, seperti perubahan suhu pada benda yang dipanaskan atau bagaimana mesin bekerja berdasarkan prinsip termodinamika. Mahasiswa cenderung mengalami kesulitan dalam mengaplikasikan teori abstrak ke dalam situasi nyata, yang menyebabkan pemahaman mereka terhadap konsep menjadi terbatas dan kurang mendalam (Chu et al., 2012). Lebih lanjut kesulitan dalam

memahami konsep abstrak pada materi termodinamika ini menimbulkan permasalahan lain yaitu timbulnya miskonsepsi.

Miskonsepsi merupakan isu yang sering diangkat oleh peneliti-peneliti dalam bidang sains, karena pemahaman konsep menjadi dasar bagi penguasaan materi lanjutan (Resbiantoro et al., 2022; Sofianto & Irawati, 2020). Miskonsepsi tentang konveksi juga menjadi masalah yang umum ditemukan dalam penelitian sebelumnya (Foroushani, 2019). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa sering salah dalam memahami bagaimana proses perpindahan panas terjadi melalui konveksi (Batlolona, dkk., 2018; Budi, dkk., 2024; Haryono, et al., 2024). Miskonsepsi yang ditemukan adalah “perpindahan kalor konveksi diiringi dengan proses tumbukan antar molekul”. Padahal secara konsep, konveksi sebenarnya merupakan pergerakan atau aliran fluida yang terjadi akibat adanya perbedaan massa jenis fluida (Alwan, 2011; Rochman et al., 2016).

Pada tingkat fundamental, proses aliran yang menimbulkan konveksi berakar pada Hukum II Termodinamika yang menyatakan bahwa kalor secara spontan mengalir dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah. Ketika udara di dekat permukaan panas menerima energi, suhu udara meningkat sehingga entropinya naik dan udara mengalami pemuaian. Pemuaian ini menyebabkan massa jenis udara menurun, menjadikannya lebih ringan dan terdorong naik. Sebaliknya, udara yang lebih dingin memiliki massa jenis lebih besar sehingga cenderung turun. Dengan demikian, prinsip dasar Hukum II Termodinamika menjelaskan mengapa terjadinya gerakan alami fluida yang kemudian melandasi proses konveksi.

Secara teoritis, laju perpindahan panas konveksi dinyatakan dengan persamaan:

$$Q = hA\Delta T \quad (1)$$

dimana koefisien perpindahan panas h bergantung pada bagaimana udara mengalir. Sementara itu, perbedaan aliran udara tersebut sangat dipengaruhi oleh variasi massa jenis udara. Berdasarkan persamaan gas ideal, massa jenis udara mengikuti hubungan

$$\rho = \frac{p}{RT} \quad (2)$$

Ketika udara dipanaskan, nilai T meningkat sehingga massa jenis ρ menurun; udara menjadi lebih ringan dan bergerak naik. Sebaliknya, udara yang lebih dingin memiliki massa jenis lebih besar sehingga bergerak turun. Gerakan naik turunnya udara akibat perbedaan massa jenis inilah yang menghasilkan konveksi alami, dan kuat lemahnya aliran ini yang akan menentukan besat kecilnya nilai h dalam persamaan konveksi. Dengan demikian, hubungan antara suhu, massa jenis dan aliran fluida merupakan dasar fisika yang menjelaskan fenomena konveksi yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari.

Kesulitan mahasiswa dalam memahami keterkaitan konsep suhu, massa jenis dan aliran fluida menunjukkan adanya kelemahan dalam kemampuan penalaran ilmiah. Penalaran ilmiah dapat membantu mahasiswa untuk memahami hubungan sebab-akibat, menentukan besaran fisika yang relevan, serta mengintegrasikan pengetahuan ke dalam kerangka berpikir yang logis dan konsisten (O'Neil, 2020; Brundage, et al., 2025). Beberapa penelitian juga menyatakan bahwa mahasiswa yang memiliki pengetahuan yang belum utuh akan mengalami kesulitan untuk menjelaskan dan menghubungkan konsep fisika dengan fenomena sehari-hari secara logis (Niss, 2012; Körhasan, 2019; Sönmez, et al., 2024; Budi, dkk., 2024; Tuveri, et al., 2025).

Fenomena sirkulasi udara di dalam bangunan merupakan contoh nyata yang sering dijumpai sehingga fenomena ini relevan untuk digunakan sebagai bahan analisis penalaran mahasiswa tentang konveksi udara (Budi, dkk., 2024; Aslan, et al., 2025). Fenomena ini menuntut kemampuan mahasiswa dalam menghubungkan konsep perbedaan suhu, massa jenis dan aliran fluida dalam kerangka ilmiah. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis fenomena dan penggunaan simulasi interaktif dapat membantu mengurangi miskonsepsi dan memperkuat penalaran konseptual mahasiswa (Mulyanti & Wibisono, 2012; Cirenza, et al., 2018; Zárate-Navarro, et al., 2024).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis penalaran mahasiswa dalam memahami proses konveksi melalui fenomena sirkulasi udara. Analisis ini diharapkan dapat

memberikan gambaran mengenai bagaimana mahasiswa mengonstruksi pengetahuan termodinamika secara ilmiah, sekaligus menjadi dasar untuk pengembangan strategi pembelajaran yang dapat memperkuat penalaran konseptual dan mengurangi miskonsepsi pada materi termodinamika.

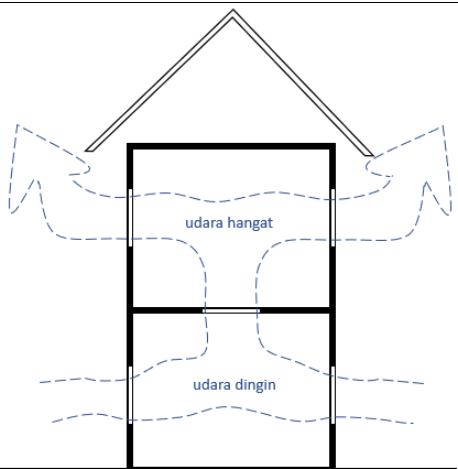
METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian dekriptif kualitatif yaitu dengan melakukan pengumpulan data kualitatif, reduksi data, penyajian data dan penarikan kesimpulan (Miles, et al., 2014). Penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi pemahaman mahasiswa dalam menganalisis sebuah fenomena yang menggunakan salah satu konsep termodinamika yaitu konveksi udara. Responden penelitian ini adalah 135 mahasiswa prodi S1 Pendidikan IPA di salah satu perguruan tinggi negeri di Jawa Tengah dimana seluruh mahasiswa telah mendapatkan materi termodinamika.

Data yang dianalisis berupa soal uraian sebanyak tiga soal yang membahas satu fenomena. Data ini yang menjadi acuan penelitian dalam menganalisis pemahaman mahasiswa terkait konveksi udara. Soal yang diberikan kepada 135 responden dapat dilihat pada Gambar 1.

Sebuah rumah dua lantai dirancang dengan menerapkan prinsip-prinsip termodinamika guna menjaga kenyamanan suhu di dalam ruangan sepanjang tahun. Desain rumah ini memungkinkan sirkulasi udara alami, sehingga kondisi suhu tetap stabil meskipun terjadi perubahan cuaca di lingkungan sekitar.

Pada pagi hari, suhu di lantai dasar tetap terasa sejuk meskipun intensitas cahaya matahari meningkat. Hal ini disebabkan oleh adanya mekanisme aliran udara yang memungkinkan perbedaan suhu di berbagai bagian rumah. Udara hangat yang dihasilkan dari aktivitas memasak di dapur secara alami bergerak ke bagian atas rumah. Pergerakan udara ini terjadi melalui tangga yang dirancang terbuka, sehingga memungkinkan udara hangat berpindah ke lantai atas secara optimal.



Gambar. Ilustrasi aliran udara
Berdasarkan bacaan diatas maka:

1. Benarkah pernyataan "udara hangat naik ke atas karena sifatnya yang lebih ringan dibandingkan udara dingin"? Coba jelaskan pendapatmu!
2. Konsep termodinamika apa yang digunakan untuk menjaga suhu dalam rumah tetap nyaman sepanjang tahun?
3. Jelaskan peristiwa bacaan diatas menggunakan besaran mikroskopis dan makroskopis pada termodinamika!

Gambar 1. Soal koveksi udara

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebaran jawaban yang diberikan mahasiswa untuk menyelesaikan tiga soal terkait konveksi udara, lebih banyak menggunakan konsep dasar termodinamika yaitu Hukum 0 Termodinamika, Hukum I Termodinamika dan Hukum II Termodinamika daripada konsep utama dan praktis yaitu konveksi udara.

1. Soal nomor 1

Pada soal nomor 1 ada dua jawaban pokok yaitu benar atau salah namun memiliki berbagai macam jenis alasan. Sebanyak 123 mahasiswa (91%) menyetujui pernyataan soal nomor 1 dan 12 mahasiswa (9%) tidak menyetujui pernyataan soal nomor 1. Sebaran jawaban mahasiswa terkait soal nomor 1 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sebaran Jawaban Soal Nomor 1

Jawaban	Jumlah
Benar, udara bersuhu tinggi akan menuju ke udara bersuhu rendah	25

Jawaban	Jumlah
Benar, karena partikel udara panas bergerak lebih cepat daripada udara dingin	19
Benar, karena kerapatan partikel udara panas lebih renggang daripada udara dingin	15
Benar, karena energi kinetik partikel udara panas lebih besar daripada udara dingin	12
Benar, karena udara panas lebih ringan dibanding udara dingin	10
Benar, karena massa jenis udara panas lebih rendah daripada massa jenis udara dingin	8
Benar, karena udara panas akan lebih mudah naik	8
Benar, karena tekanan pada udara panas lebih tinggi daripada udara dingin	6
Benar, karena partikel udara panas bergerak lebih bebas daripada udara dingin	5
Benar, karena udara panas akan mengalami penguapan	5
Benar, sesuai Hukum II Termodinamika	4
Benar, sesuai Hukum 0 Termodinamika	2
Benar, hal ini dipengaruhi oleh sirkulasi	2
Benar, karena udara panas memiliki sifat konveksi yang mempercepat penyebarannya	2
Salah, dengan berbagai alasan	12

Berdasarkan hasil sebaran jawaban mahasiswa, diperoleh beberapa temuan menarik pada setiap soal yang diberikan. Temuan pada soal nomor 1 menunjukkan bahwa mahasiswa mengalami kesulitan dalam menghubungkan berbagai konsep termodinamika secara menyeluruh. Hasil penjabaran tiap jawaban mahasiswa menunjukkan bahwa mahasiswa hanya mampu menjelaskan potongan-potongan konsep termodinamika secara terpisah tanpa mengaitkannya menjadi satu penalaran yang utuh. Misalnya, mahasiswa yang menjawab "udara panas lebih ringan dibanding udara dingin"; "kerapatan partikel udara panas lebih renggang daripada udara dingin" dan "massa jenis udara panas lebih rendah daripada massa jenis udara dingin". Ketiga jawaban tersebut sebenarnya saling melengkapi satu sama lain dan membentuk satu rangkaian penalaran yang logis, namun mahasiswa hanya dapat menjelaskan berdasarkan sepotong konsep yang

dipahaminya saja. Kondisi ini menunjukkan adanya hambatan dalam penalaran kausal ilmiah, yaitu kemampuan menjelaskan hubungan sebab-akibat antara perubahan energi, perbedaan massa jenis, dan gerak udara (Lawson, 2020).

Apabila mahasiswa mampu menghubungkan konsep-konsep tersebut secara komprehensif, mereka seharusnya dapat menjelaskan bahwa "udara panas lebih ringan daripada udara dingin dikarenakan kerapatan partikel udara panas lebih renggang akibat pemuaian volume udara (setelah mendapatkan energi tambahan). Peningkatan volume udara menyebabkan massa jenis udara panas lebih kecil karena massa udara tetap, yang akhirnya membuat udara panas lebih ringan bergerak naik ke atas."

Miskonsepsi paling umum yang muncul adalah anggapan bahwa "perpindahan kalor konveksi terjadi karena tumbukan antar partikel udara." Padahal, secara konsep, konveksi merupakan proses perpindahan panas melalui pergerakan massa fluida akibat perbedaan massa jenis, bukan melalui tumbukan partikel seperti pada konduksi. Kesalahan ini menunjukkan bahwa mahasiswa gagal membedakan karakteristik mekanisme perpindahan kalor antar ketiga jenis proses termal.

Beberapa mahasiswa bahkan menganggap bahwa "udara dingin bergerak lebih cepat," yang menunjukkan adanya miskonsepsi tentang arah dan penyebab gerak udara. Dalam kenyataannya, udara dingin bergerak untuk mengantikan udara panas yang naik, bukan karena kecepatannya intrinsik lebih besar. Menariknya, terdapat pula jawaban mahasiswa yang menyebutkan bahwa "suhu ruang atas akan terasa hangat karena adanya transfer kalor melalui tangga". Jawaban ini menunjukkan adanya pemahaman yang mendekati benar, namun mahasiswa masih keliru dalam mengidentifikasi mekanisme perpindahan panas yang dominan. Transfer panas yang sebenarnya terjadi bukan melalui material tangga secara langsung, melainkan melalui udara panas yang naik melewati tangga akibat perbedaan massa jenis udara di dalam ruangan.

2. Soal nomor 2

Pada soal nomor 2 terdapat berbagai macam jawaban terkait konsep termodinamika

pada bacaan. Dari 135 mahasiswa, hanya terdapat 16 mahasiswa (11,8%) yang langsung memberikan jawaban paling tepat yaitu konveksi udara sedangkan 88,2% lainnya masih memberikan jawaban selain konveksi udara. Hasil sebaran jawaban 88,2% mahasiswa menunjukkan bahwa mereka memberikan lebih dari satu konsep termodinamika sehingga peneliti telah mengelompokkan beberapa konsep tersebut menjadi satu kelompok per konsep. Sebaran jawaban mahasiswa terkait soal nomor 2 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sebaran Jawaban Soal Nomor 2

Konsep Termodinamika	Jumlah
Konveksi	16
Hukum 0 Termodinamika	35
Hukum II Termodinamika	35
Hukum I Termodinamika	25
Konduksi	9
Suhu /perubahan suhu	9
Radiasi	8
Isotermal	6
Kalor/Transfer kalor	6
Sistem terbuka	6
Azas black	5
Pemuaian	4
Hukum III Termodinamika	3
Adiabatik	3
Sistem tertutup	2
Sirkulasi udara	2
Proses irreversibel	1
Isokhorik	1
Eksotermal	1
Isobarik	1

Berdasarkan sebaran jawaban didapatkan bahwa sebagian besar mahasiswa belum dapat mengidentifikasi konsep utama yang mendasari fenomena dalam bacaan. Sebagian besar menjawab dengan Hukum 0 Termodinamika atau Hukum I Termodinamika, padahal fenomena tersebut lebih tepat jika dijelaskan menggunakan Hukum II Termodinamika dan prinsip perbedaan massa jenis. Hukum II Termodinamika menjelaskan bahwa kalor secara alami berpindah dari daerah bersuhu tinggi ke suhu rendah, yang kemudian memicu aliran konveksi. Kesalahan pemilihan hukum ini

menunjukkan adanya miskonsepsi konseptual. Mahasiswa belum mampu menggunakan penalaran berbasis prinsip untuk memilih dan menerapkan hukum fisika yang paling relevan dalam menjelaskan fenomena.

Hasil jawaban menunjukkan bahwa Hukum 0 Termodinamika menjadi pilihan terbanyak, diikuti oleh Hukum I Termodinamika. Padahal, kedua hukum ini tidak menjelaskan mekanisme perpindahan kalor melalui pergerakan massa jenis. Hukum 0 Termodinamika hanya berkaitan dengan kesetimbangan termal antara dua sistem, sedangkan Hukum I Termodinamika menjelaskan bahwa panas dari kompor tidak hilang, tetapi berpindah ke udara di sekitarnya yang sejalan dengan hukum kekekalan energi. Keduanya tidak menjelaskan mekanisme fisis perpindahan panas akibat perbedaan massa jenis fluida, yang merupakan inti dari proses konveksi.

Jawaban lain yang kurang sesuai untuk menjelaskan fenomena pada bacaan antara lain konduksi, radiasi, isothermal, sistem terbuka, dan adiabatik. Jawaban-jawaban ini memperlihatkan miskonsepsi lanjutan mengenai mekanisme perpindahan kalor. Mahasiswa yang menjawab konduksi dan radiasi tampak belum mampu membedakan karakteristik ketiga mekanisme perpindahan panas: konduksi terjadi melalui tumbukan partikel tanpa perpindahan massa, radiasi melalui gelombang elektromagnetik, sedangkan konveksi melalui perpindahan massa fluida akibat perbedaan massa jenis. Sementara itu, jawaban seperti isothermal, sistem terbuka, dan adiabatik menunjukkan kurangnya pemahaman konteks, karena konsep-konsep tersebut tidak relevan untuk menjelaskan fenomena konveksi udara yang digambarkan dalam soal. Temuan-temuan ini menunjukkan bahwa mahasiswa masih memahami konsep-konsep termodinamika secara terpisah dan belum mampu melihat keterkaitan antar konsep secara holistik. Pemahaman yang terfragmentasi ini menyebabkan mereka kesulitan menjelaskan fenomena fisis dalam konteks nyata, seperti sirkulasi udara akibat perbedaan suhu. Dengan demikian, miskonsepsi yang muncul tidak hanya bersifat konseptual, tetapi juga menunjukkan keterbatasan dalam penalaran kausal dan integratif dalam memahami

hubungan antara hukum-hukum termodinamika dengan fenomena konveksi udara.

3. Soal nomor 3

Pada soal nomor 3, mahasiswa diminta untuk menjelaskan konveksi udara melalui besaran makroskopis dan mikroskopis. Secara garis besar sebanyak 113 mahasiswa (83,7%) telah memberikan jawaban menggunakan besaran makroskopis dan sebanyak 36 mahasiswa (26,67%) telah memberikan jawaban menggunakan besaran mikroskopis walaupun ada yang masih bingung membedakan kedua besaran tersebut. Sedangkan, lainnya belum menjelaskan menggunakan besaran makroskopis dan mikroskopis yang relevan. Untuk mempermudah melihat sebaran jawaban mahasiswa terkait besaran makroskopis dan mikroskopis maka peneliti telah mengelompokkan besaran - besaran yang disebutkan seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Sebaran Jawaban Soal Nomor 3 Besaran Makroskopis

Makroskopis	Jumlah
Suhu	71
Tekanan	21
Volume (udara)	15
Desain rumah	7
Kalor	6
Massa jenis	3
Kecepatan gerak partikel	2
Molekul panci	2
Energi kinetik	1
Jumlah partikel	1
Massa	1

Tabel 4. Sebaran Jawaban Soal Nomor 3 Besaran Mikroskopis

Mikroskopis	Jumlah
Suhu	26
Massa	20
Jumlah partikel	10
Volume (udara)	7
Tekanan	4
Pergerakan partikel	3
Kecepatan gerak partikel	3
Jarak antar partikel	2
Energi kinetik	2
Energi potensial	1
Ikatan partikel	1
Kalor	1

Berdasarkan sebaran jawaban didapatkan bahwa mayoritas mahasiswa menjawab dengan besaran makroskopis seperti suhu, tekanan, volume, massa jenis dan kalor (Anam, et al., 2019). Namun, hanya sedikit yang menyebutkan massa jenis, padahal besaran ini merupakan kunci utama dalam menjelaskan mekanisme konveksi udara. Kondisi ini menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa berpikir pada level makroskopis tanpa mengaitkannya dengan perubahan energi partikel pada level mikroskopis, yang menyebabkan perbedaan massa jenis antara udara panas dan udara dingin.

Sebaran jawaban ditemukan miskonsepsi dalam pengkategorian besaran fisika, di mana beberapa mahasiswa menganggap energi potensial dan kalor termasuk besaran mikroskopis. Kekeliruan ini mengindikasikan lemahnya kemampuan mahasiswa dalam berpindah antar level representasi, yaitu dari makroskopis (fenomena tampak), mikroskopis (perilaku partikel), hingga fenomenologis (konsep penyebab peristiwa). Padahal, kemampuan menghubungkan ketiga level representasi tersebut merupakan komponen penting dalam penalaran ilmiah pada pembelajaran fisika.

Sebagian kecil mahasiswa memang telah mampu menyebutkan besaran mikroskopis yang tepat, seperti pergerakan partikel, kecepatan gerak partikel, jarak antar partikel, dan energi kinetik. Namun, kemampuan ini belum diikuti oleh pemahaman yang menyeluruh. Banyak mahasiswa masih menunjukkan miskonsepsi konseptual, seperti menafsirkan konveksi terjadi karena "ikatan partikel" atau menyebut "molekul panci" sebagai bagian dari proses udara panas naik, yang jelas tidak relevan dengan mekanisme fisika sebenarnya. Temuan ini memperkuat bahwa pemahaman mahasiswa terhadap proses konveksi udara masih bersifat parsial dan tidak terintegrasi secara konseptual maupun kausal. Mereka mampu menyebutkan potongan variabel dari persamaan konveksi $Q = hA\Delta T$ atau hubungan massa jenis $\rho = \frac{p}{RT}$, namun mereka masih belum dapat mengaitkannya secara kausal, misalnya bagaimana perubahan suhu mengakibatkan perubahan massa jenis, memunculkan gradien tekanan dan menghasilkan pola aliran fluida.

Ketidakpaduan ini menandakan lemahnya penalaran lintas representasi yang mencakup aspek matematis, fenomenologis dan mikroskopis. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pembelajaran yang secara eksplisit menstimulasi integrasi representasi tersebut, seperti pembelajaran berbasis fenomena (Matorevh, 2025), simulasi visualisasi partikel (Augustine, et al., 2025; Alvarez-Siordia, et al., 2025), atau pendekatan berbasis masalah (Sari, et al., 2023).

Imbas pedagogis dari temuan ini adalah instruksi mengenai konveksi sebaiknya tidak hanya menekankan persamaan matematis namun juga menghubungkannya dengan mekanisme fisik yang relevan. Pengajar dapat mengintegrasikan aktivitas kelas yang relatif sederhana. Misalnya analisis visual aliran udara dalam ruangan, penggunaan simulasi yang menunjukkan hubungan massa jenis dengan suhu atau demonstrasi singkat mengenai naik turunnya udara panas untuk memperjelas hubungan antara model matematis dan fenomena nyata. Strategi ini telah memberikan kontribusi praktis bagi guru dan dosen dalam membelajarkan konsep konveksi. Dengan demikian, artikel ini tidak hanya memberikan kontribusi teoritis mengenai sebaran jawaban, tetapi juga memberikan strategi praktis yang dapat membantu pengajar mengidentifikasi miskonsepsi dan memfasilitasi pemahaman konveksi udara secara lebih konseptual, matematis dan terintegrasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pemahaman mahasiswa dalam menganalisis fenomena konveksi udara menunjukkan bahwa konsep-konsep termodinamika yang mereka miliki masih belum terintegrasi secara utuh. Meskipun sebagian mahasiswa telah mampu menyebutkan besaran makroskopis dan mikroskopis dalam menjelaskan konveksi udara, mereka masih mengalami kebingungan dalam mengklasifikasikan dan mengaitkan antarbesaran tersebut. Massa jenis, yang merupakan faktor kunci dalam mekanisme konveksi, jarang disebutkan, padahal konsep ini berperan penting dalam menjelaskan pergerakan udara panas dan dingin. Kondisi ini

menunjukkan bahwa mahasiswa memahami potongan informasi tanpa menghubungkannya menjadi konsep yang utuh, misalnya dari perubahan suhu akan ada perubahan massa jenis sehingga timbul aliran fluida.

Selain itu, ditemukan beberapa miskonsepsi konseptual, seperti anggapan bahwa perpindahan kalor konveksi terjadi karena tumbukan antar partikel udara. Kekeliruan ini menunjukkan bahwa mahasiswa belum mampu berpindah antar level representasi dari makroskopis (pola aliran udara) ke mikroskopis (perubahan gerak partikel dan massa jenis) dan fenomenologis (hubungan sebab akibat oada proses konveksi). Ketidakmampuan menghubungkan konsep-konsep ini juga tampak dari penggunaan prinsip termodinamika yang tidak relevan, serta kesulitan dalam menghubungkan model matematis seperti persamaan konveksi $Q = hA\Delta T$ dan hubungan massa jenis $\rho = \frac{p}{RT}$, dengan mekanisme fisik yang mendasari fenomena.

Implikasinya, pembelajaran perlu dirancang untuk menstimulasi penalaran lintas level representasi melalui fenomena nyata, simulasi interaktif atau diskusi berbasis kasus yang menghubungkan fenomena dengan model matematis. Strategi ini berpotensi mengurangi miskonsepsi dan memperkuat integrasi konsep. Penelitian lanjutan dapat mengevaluasi efektivitas intervensi tersebut dalam memperdalam pemahaman mahasiswa mengenai konsep termodinamika dan fluida.

DAFTAR PUSTAKA

Alatas, F. (2018). Peningkatan Keterampilan Proses Sains Mahasiswa Menggunakan Media Laboratorium Virtual. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 6(3), 269–278. <https://doi.org/10.26618/jpf.v6i3.1434>

Álvarez-Siordia, F. M., Merino-Soto, C., Rosas-Meléndez, S. A., Pérez-Díaz, M., & Chans, G. M. (2025). Simulators as an innovative strategy in the teaching of physics in higher education. *Education Sciences*, 15(2), 131. <https://doi.org/10.3390/educsci15020131>

Alwan, A. A. (2011). Misconception of heat and temperature among physics students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 12, 600–614.

<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.02.074>

Anam, R. S., Widodo, A., & Sopandi, W. (2019, February). Teachers, pre-service teachers, and students understanding about the heat conduction. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1157, No. 2, p. 022012). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/2/022012>

Arokoyu, A. A., & Aderonmu, T. S. B. (2018). Conceptual formation, attainment and retention of Chemistry and Physics students in real-life phenomena. *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology*, 5(5), 2313–3759.

Aslan, E., Adiyaman, M., & Karabay, H. (2025). Investigation of flow and heat transfer in double-glazed windows under vertically oscillating conditions. *Numerical Heat Transfer, Part A: Applications*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/10407782.2025.2520811>

Augustine, A. R., Idris, S., Novita, N., Sakdiah, H., Siska, D., & Saminan, N. F. (2025). The Implementation of PhET Simulation Media to Improve Junior High School Students' Understanding of Heat and Heat Transfer Concepts. *Electronic Journal of Education, Social Economics and Technology*, 6(2), 861. <https://doi.org/10.33122/ejeset.v6i2.861>

Batlolona, J. R., Baskar, S., & Leasa, M. (2018). Representasi Internal Mahasiswa Pada Topik Konveksi Air. *KEGURU: Jurnal Ilmu Pendidikan Dasar*, 2(2), 211–221.

Brundage, M. J., Meltzer, D. E., & Singh, C. (2025). Investigating the impact of problem properties on introductory and advanced student responses to introductory thermodynamics conceptual problems. *Physical Review Physics Education Research*, 21(1), 010127. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEd.21.010127>

Budi, G. S., Farcis, F., Hartanto, T. J., Putri, U. A., & Siloam, K. (2024). Respon mahasiswa

- terhadap implementasi pembelajaran berbasis riset pada topik aliran fluida. *Jurnal Ilmiah Kanderang Tingang*, 15(1), 61-71. <https://doi.org/10.37304/jikt.v15i1.306>
- Cirenza, C. F., Diller, T. E., & Williams, C. B. (2018). Hands-on workshops to assist in students' conceptual understanding of heat transfer. *Journal of Heat Transfer*, 140(9), 092001. <https://doi.org/10.1115/1.4039759>
- Chu, H. E., Treagust, D. F., Yeo, S., & Zadnik, M. (2012). Evaluation of Students' Understanding of Thermal Concepts in Everyday Contexts. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1509–1534. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.657714>
- Foroushani, S. (2019). Misconceptions in engineering thermodynamics: A review. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 47(3), 195–209. <https://doi.org/10.1177/0306419018754396>
- Haryono, H. E., Zayyadi, M., Marzuqi, I., & Kaniawati, I. (2024). The Effectiveness of Collaborative E-Learning-Based Learning in Reducing Student Misconceptions on Heat in East Java High Schools During Merdeka Belajar. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(8), 4543-4550. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i8.8179>
- Körhasan, N. D. (2019). Student teachers' physics knowledge and sources of knowledge to explain everyday phenomena. *Science Education International*. <https://doi.org/10.33828/sei.v30.i4.7>
- Lawson, A. E. (2020). The nature and development of scientific reasoning: A review of research. *Journal of Science Education and Technology*, 29(3), 369–383. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-3224-2>
- Matorevhu, A. (2025). Physics historical and current knowledge significance in mitigating misconceptions in learning heat transfer. *Physics & Astronomy International Journal*, 9(1), 37-41. <https://doi.org/10.15406/pajj.2025.09.00361>
- Meltzer, D. E. (2004). Investigation of students' reasoning regarding heat, work, and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course. *American Journal of Physics*, 72(11), 1432–1446. <https://doi.org/10.1119/1.1789161>
- Miles, M. B., & Huberman, A. (2014). M., & Saldana, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook*, 3.
- Mulyanti, B., & Wibisono, Y. (2012). The Improvement of Students'conceptual Comprehension on Heat Transfer Through the Use of Femlab-Based Interactive Multimedia. *Journal of Technical Education and Training*, 4(1).
- Niss, M. (2012). Towards a conceptual framework for identifying student difficulties with solving Real-World Problems in Physics. *Latin-American Journal of Physics Education*, 6(1).
- O'Neil, J. A. (2020, May). A Hands-on Activity to Assist Students in Making Connections between Topics in Heat Transfer. In 2020 St. Lawrence Section Meeting. <https://doi.org/10.18260/1-2-1125.1126.1139-33898>
- Resbiantoro, G., Setiani, R., & Dwikoranto. (2022). A Review of Misconception in Physics: The Diagnosis, Causes, and Remediation. *Journal of Turkish Science Education*, 19(2), 403–427. <https://doi.org/10.36681/tused.2022.128>
- Rochman, C., Suhendi, H. Y., & Nasrudin, D. (2016). Profil MiskONSEPSI Mahasiswa Pendidikan Fisika Berdasarkan Hasil Diagnosis Menggunakan Instrumen Three-Tier Test. *Prosiding SNIPS*, 397–404.
- Sari, L., Adimayuda, R., Gumilar, S., Nurahman, A., & Ashel, H. (2023). Applying Problem-Based Learning in Thermodynamics to Enhance Comprehension of Physics Concepts and Argumentation Skills. *Tadris: Jurnal Keguruan dan Ilmu Tarbiyah*, 8(1), 209-220. <https://doi.org/10.24042/tadris.v8i1.14607>
- Sinensis, A. R., Firman, H., Hamidah, I., & Muslim, M. (2019). Reconstruction of collaborative problem solving based

- learning in thermodynamics with the aid of interactive simulation and derivative games. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/3/032042>
- Smith, T. I., Christensen, W. M., Mountcastle, D. B., & Thompson, J. R. (2015). Identifying student difficulties with entropy, heat engines, and the Carnot cycle. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.11.020116>
- Sofianto, E. W. N., & Irawati, R. K. (2020). Efforts to mediate the concept of physics in temperature and heat matter. *Southeast Asian Journal of Islamic Education*, 2(2), 107-120. <https://doi.org/10.21093/sajie.v2i2.2188>
- Sönmez, E. D., Önder, A. N., & Yıldırım, E. G. (2024). Examining Students' Explanations of Some Physics Topics with Diagrams and Association of Them with Daily Life. *Karaelmas Eğitim Bilimleri Dergisi*, 12(1), 61-77. <https://doi.org/10.58638/kebd.1490231>
- Tuveri, M., Sanna, A. P., & Cadoni, M. (2025). The role of conceptual problem solving in learning physics: a study in a general relativity university course. *arXiv preprint arXiv:2502.08564*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.08564>
- Wiyono, K., Ismet, I., Noprianti, N., Permawati, H., Saparini, S., & Zakiyah, S. (2019). Interactive multimedia using multiple-intelligences-based in the lesson of thermodynamics for high school. *Journal of Physics: Conference Series*, 1166(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1166/1/012014>
- Xing, W., Huang, X., Li, C., & Xie, C. (2023). Teaching thermodynamics with augmented interaction and learning analytics. *Computers & Education*, 196, 0-18. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104726>
- Zayyinah, Z. (2022). Aplikasi bridging analogy: upaya reduksi miskonsepsi siswa pada konsep suhu dan kalor. *Natural Science Education Research (NSER)*, 5(1), 57-69. <https://doi.org/10.21107/nserv5i1.4200>
- Zárate-Navarro, M. A., Schiavone-Valdez, S. D., Cuevas, J. E., Warren-Vega, W. M., Campos-Rodríguez, A., & Romero-Cano, L. A. (2024). STEM activities for heat transfer learning: Integrating simulation, mathematical modeling, and experimental validation in transport phenomena education. *Education for Chemical Engineers*, 49, 81-90. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2024.06.004>