EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
Vol. 6, No. 4, Oktober-Desember 2026
e-ISSN : 2807-8659 | p-ISSN : 2807-8829
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/educator

PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM MODUL PELTIER UNTUK PEMBELAJARAN HUKUM TERMODINAMIKA

Mohammad Djamil M Nur
Universitas Islam Negeri (UIN) Datokarama Palu
e-mail: djamilnur@uindatokarama.ac.id

Diterima: *13/10/2026*; Direvisi: *09/11/2026*; Diterbitkan: *24/11/2026*

ABSTRAK

Pembelajaran hukum termodinamika pada Program Studi Tadris IPA memerlukan media praktikum inovatif yang mampu mengintegrasikan pemahaman konseptual dengan pengalaman eksperimen secara langsung. Permasalahan utama penelitian ini adalah terbatasnya ketersediaan alat praktikum yang sederhana, ekonomis, dan kontekstual untuk memvisualisasikan fenomena perpindahan kalor serta konversi energi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan alat praktikum berbasis modul Peltier, mendeskripsikan karakteristiknya, serta mengkaji kelayakannya sebagai media pembelajaran hukum termodinamika. Metode penelitian menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) melalui tahapan analisis kebutuhan, perancangan, pengembangan produk, dan evaluasi kelayakan. Teknik pengumpulan data meliputi observasi, validasi ahli, angket respons mahasiswa, serta pengukuran karakteristik termal menggunakan instrumen pengukuran suhu, tegangan, dan arus listrik. Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dan kualitatif untuk menginterpretasikan karakteristik produk serta kesesuaiannya dengan kebutuhan pembelajaran. Hasil pengembangan menunjukkan bahwa modul Peltier berpotensi menghasilkan perbedaan suhu antara sisi panas dan sisi dingin sehingga dapat digunakan untuk merepresentasikan prinsip kekekalan energi dan perpindahan kalor. Pembahasan menunjukkan bahwa pengamatan perubahan suhu melalui eksperimen dapat membantu mahasiswa menghubungkan konsep abstrak termodinamika dengan fenomena fisik yang terukur. Selain itu, penggunaan alat praktikum memungkinkan mahasiswa mengembangkan keterampilan mengamati, mengukur, menganalisis data, dan menarik kesimpulan ilmiah. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pengembangan alat praktikum berbasis modul Peltier berpotensi menjadi alternatif media pembelajaran termodinamika yang kontekstual dan aplikatif. Implikasi penelitian mencakup penguatan pembelajaran berbasis eksperimen, peningkatan keterlibatan mahasiswa, serta penyediaan sarana praktikum yang mendukung kompetensi calon guru IPA. Pengujian empiris lanjutan diperlukan untuk memastikan kelayakan, kepraktisan, dan efektivitas penggunaannya dalam kegiatan pembelajaran pada berbagai kondisi laboratorium pendidikan secara berkelanjutan dan terukur.

Kata Kunci: alat praktikum, hukum termodinamika, modul Peltier, pengembangan media pembelajaran, Tadris IPA

ABSTRACT

Learning the law of thermodynamics in the Tadris Science Study Program requires innovative practicum media that is able to integrate conceptual understanding with direct experimental experience. The main problem of this research is the limited availability of simple, economical, and contextual practicum tools to visualize the phenomenon of heat transfer and energy conversion. This research aims to develop a practicum tool based on the Peltier module, describe its characteristics, and examine its feasibility as a learning medium for the law of

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16396

EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
Vol. 6, No. 4, Oktober-Desember 2026
e-ISSN : 2807-8659 | p-ISSN : 2807-8829
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/educator

thermodynamics. The research method uses a research and development approach (Research and Development) through the stages of needs analysis, design, product development, and feasibility evaluation. Data collection techniques include observation, expert validation, student response questionnaires, and measurement of thermal characteristics using temperature, voltage, and electric current measurement instruments. Data analysis is carried out descriptively, quantitatively, and qualitatively to interpret product characteristics and their suitability with learning needs. The results of the development show that the Peltier module has the potential to produce a temperature difference between the hot side and the cold side so that it can be used to represent the principles of energy conservation and heat transfer. The discussion shows that the observation of temperature changes through experiments can help students connect abstract concepts of thermodynamics with measurable physical phenomena. In addition, the use of practicum tools allows students to develop skills to observe, measure, analyze data, and draw scientific conclusions. This study concludes that the development of practicum tools based on the Peltier module has the potential to be an alternative to contextual and applicative thermodynamics learning media. The implications of the study include strengthening experiment-based learning, increasing student involvement, and providing practicum facilities that support the competence of prospective science teachers. Advanced empirical testing is needed to ensure the feasibility, practicality, and effectiveness of its use in learning activities in various educational laboratory conditions in a sustainable and measurable manner.

Keywords: practicum tools, Peltier modules, laws of thermodynamics, development of learning media, Tadris IPA

PENDAHULUAN

Pembelajaran termodinamika pada pendidikan calon guru IPA memiliki tuntutan ganda, yaitu mahasiswa tidak hanya dituntut memahami konsep dan prinsip fisis, tetapi juga mampu menjelaskan fenomena termal melalui representasi yang dapat diamati dan dianalisis secara ilmiah. Konsep kalor, kerja, energi dalam, suhu, dan arah proses termodinamika sering kali sulit dipahami secara utuh apabila pembelajaran hanya mengandalkan penjelasan verbal dan penyelesaian matematis. Kesulitan tersebut berkaitan dengan kecenderungan mahasiswa dalam memisahkan konsep-konsep yang sebenarnya saling berhubungan dalam suatu sistem energi. Brown dan Singh (2021) mengembangkan instrumen untuk mengidentifikasi pemahaman mahasiswa terhadap proses termodinamika serta Hukum I dan Hukum II Termodinamika, yang menunjukkan pentingnya mengevaluasi pemahaman konseptual secara lebih mendalam. Temuan Firetto et al. (2021) juga menegaskan pentingnya pengukuran pemahaman konseptual mahasiswa terhadap prinsip-prinsip dasar termodinamika sebagai landasan dalam merancang pembelajaran yang lebih tepat.

Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran termodinamika memerlukan pengalaman praktis yang memungkinkan mahasiswa menghubungkan konsep teoretis dengan fenomena fisis secara langsung. Salah satu kendala yang menjadi dasar penelitian ini adalah terbatasnya ketersediaan alat praktikum yang terjangkau, mudah dibongkar-pasang, serta mampu memperlihatkan perubahan suhu pada dua sisi termal dalam satu perangkat. Pada konteks Program Studi Tadris IPA UIN Datokarama Palu, laporan penelitian mengidentifikasi kebutuhan media praktikum yang memungkinkan mahasiswa melakukan pengukuran suhu, membandingkan hasil pengamatan, serta menjelaskan hubungan antara masukan energi listrik dan perpindahan kalor. Kebutuhan tersebut relevan dengan hasil penelitian Villarino (2023), yang menemukan bahwa mahasiswa masih menunjukkan konsepsi alternatif dalam memahami

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16396

EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
Vol. 6, No. 4, Oktober-Desember 2026
e-ISSN : 2807-8659 | p-ISSN : 2807-8829
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/educator

konsep dasar termal, bahkan ketika fenomena tersebut berkaitan dengan pengalaman sehari-hari. Dengan demikian, penyediaan perangkat praktikum yang menghadirkan fenomena termal secara konkret menjadi salah satu alternatif untuk mendukung penguatan pemahaman konseptual mahasiswa.

Salah satu teknologi yang berpotensi digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah modul Peltier, yaitu komponen termoelektrik yang dapat memindahkan kalor ketika dialiri arus listrik searah. Prinsip kerjanya memungkinkan satu permukaan modul mengalami penurunan suhu, sedangkan permukaan lainnya mengalami peningkatan suhu, sehingga fenomena perpindahan kalor dapat diamati secara bersamaan (Numan et al., 2025). Penelitian Luo et al. (2022) menunjukkan bahwa perangkat eksperimen berbasis efek Peltier dapat digunakan untuk mempelajari proses termal melalui pengamatan perbedaan suhu pada sisi panas dan sisi dingin serta pengaruh perubahan arus listrik terhadap karakteristik termalnya. Penelitian tersebut juga memperlihatkan bahwa perangkat berbasis Peltier berpotensi diterapkan dalam kegiatan praktikum fisika di perguruan tinggi. Hasil tersebut memberikan landasan empiris bahwa modul Peltier dapat dikembangkan sebagai media eksperimen untuk menghubungkan pengamatan suhu, perubahan energi, dan proses perpindahan kalor dalam pembelajaran termodinamika.

Penggunaan modul Peltier dalam pembelajaran juga memiliki relevansi dengan kebutuhan pengembangan kemampuan mahasiswa dalam menginterpretasikan data hasil eksperimen. Melalui perangkat tersebut, mahasiswa dapat mengamati perubahan suhu pada kedua sisi modul, mencatat hasil pengukuran dalam interval waktu tertentu, serta membandingkan respons termal berdasarkan variasi masukan listrik. Aktivitas tersebut dapat dikembangkan menjadi pembelajaran berbasis penyelidikan yang melibatkan prediksi, pengujian hipotesis, pengumpulan data, dan penyusunan penjelasan ilmiah. Wan (2023) menunjukkan pentingnya kemampuan mahasiswa dalam menafsirkan ketidakpastian pengukuran dan menarik kesimpulan berdasarkan data dalam kegiatan laboratorium fisika berbasis inkuiri. Sejalan dengan itu, Seeratan et al. (2020) menekankan bahwa kemampuan melakukan analisis data, menyusun penjelasan ilmiah, dan membangun argumentasi merupakan bagian penting dari kompetensi penyelidikan ilmiah. Oleh karena itu, penggunaan modul Peltier tidak hanya diarahkan untuk memperlihatkan perubahan suhu, tetapi juga untuk menyediakan pengalaman belajar yang mengintegrasikan keterampilan pengukuran dan penalaran ilmiah.

Sejumlah penelitian terdahulu telah membahas pengembangan perangkat maupun strategi pembelajaran yang berkaitan dengan termodinamika dan fenomena termal. Luo et al. (2022) mengembangkan perangkat eksperimen berbasis efek Peltier untuk mengamati proses termal, sedangkan Rahmawati et al. (2021) mengembangkan pembelajaran termokimia melalui integrasi proyek *Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics* (STEAM) untuk mendukung pemahaman konsep perubahan entalpi dan reaksi termokimia. Selain itu, Yang et al. (2020) mengkaji penggunaan *schema training* untuk membantu mahasiswa memahami konsep-konsep yang menantang dalam perpindahan kalor dan termodinamika. Berbagai penelitian tersebut memberikan kontribusi terhadap pengembangan pembelajaran berbasis pengalaman dan penguatan pemahaman konseptual. Namun, masih terdapat ruang pengembangan dalam mengemas modul Peltier sebagai kit praktikum termodinamika yang secara khusus diarahkan pada pendidikan calon guru IPA, dengan mengintegrasikan pengukuran suhu pada dua sisi modul, variasi masukan listrik, interpretasi grafik, dan prosedur keselamatan kerja dalam satu rancangan aktivitas praktikum.

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16396

EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
Vol. 6, No. 4, Oktober-Desember 2026
e-ISSN : 2807-8659 | p-ISSN : 2807-8829
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/educator

Kesenjangan penelitian ini terletak pada kebutuhan perangkat praktikum yang tidak hanya berfungsi sebagai demonstrator fenomena termoelektrik, tetapi juga dirancang sebagai media pembelajaran yang menghubungkan pengamatan eksperimental dengan penjelasan konseptual. Perangkat yang dikembangkan diarahkan untuk memberikan kesempatan kepada mahasiswa dalam memahami hubungan antara perubahan suhu, masukan energi listrik, dan perpindahan kalor melalui kegiatan pengukuran langsung. Pengembangan tersebut juga mempertimbangkan pentingnya penyajian data secara sistematis agar mahasiswa dapat membandingkan kondisi termal pada sisi panas dan sisi dingin serta menginterpretasikan kecenderungan perubahan suhu. Rahmawati et al. (2021) memperlihatkan bahwa kegiatan pembelajaran berbasis proyek dapat memberikan pengalaman kontekstual dalam mempelajari konsep termal, meskipun pemahaman terhadap beberapa konsep masih memerlukan penguatan. Dengan demikian, kontribusi penelitian ini bukan pada klaim penemuan fenomena termoelektrik yang baru, melainkan pada pengembangan desain kit praktikum yang disesuaikan dengan kebutuhan pembelajaran termodinamika bagi mahasiswa Tadris IPA.

Secara teoretis, pengembangan perangkat ini didasarkan pada Hukum I dan Hukum II Termodinamika. Hukum I Termodinamika menjelaskan prinsip kekekalan energi, yaitu perubahan energi dalam suatu sistem berkaitan dengan kalor dan kerja yang diterima atau dilakukan sistem. Pada perangkat pendingin termoelektrik, energi listrik digunakan untuk memungkinkan kalor diserap dari sisi dingin dan dilepaskan pada sisi panas. Dalam kondisi ideal dan dengan mengabaikan kehilangan energi ke lingkungan, hubungan neraca energi tersebut dapat dinyatakan melalui persamaan $Q_h = Q_c + W_e$, dengan Q_h sebagai kalor yang dilepaskan pada sisi panas, Q_c sebagai kalor yang diserap pada sisi dingin, dan W_e sebagai kerja listrik yang diberikan kepada perangkat (Stephanos & Addison, 2023). Persamaan tersebut digunakan sebagai model konseptual untuk menjelaskan hubungan energi dan bukan merupakan hasil pengukuran kalor secara langsung dalam penelitian ini.

Selanjutnya, Hukum II Termodinamika memberikan landasan untuk menjelaskan arah perpindahan kalor dan kebutuhan energi dalam proses pendinginan termoelektrik. Secara alami, kalor berpindah dari benda bersuhu lebih tinggi menuju benda bersuhu lebih rendah, sedangkan pemindahan kalor dari sisi yang lebih dingin menuju sisi yang lebih panas memerlukan masukan kerja dari luar (Schilling et al., 2019). Prinsip tersebut menjadi dasar untuk membedakan perpindahan kalor spontan dengan proses pemompaan kalor menggunakan energi listrik. Oleh sebab itu, perbedaan suhu yang teramati pada kedua sisi modul Peltier tidak dapat langsung digunakan sebagai ukuran efisiensi pendinginan. Penilaian terhadap koefisien performa atau *coefficient of performance* (COP) membutuhkan data laju kalor dan kerja listrik yang terukur secara memadai, sehingga aspek tersebut tidak dijadikan klaim kinerja kuantitatif apabila data pengukurannya belum tersedia.

Berdasarkan permasalahan, kajian penelitian terdahulu, dan landasan teoretis tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan perangkat praktikum termodinamika berbasis modul Peltier untuk mahasiswa Program Studi Tadris IPA UIN Datokarama Palu. Secara khusus, penelitian ini diarahkan untuk mendeskripsikan proses pengembangan perangkat, mengidentifikasi karakteristik fungsionalnya dalam memperlihatkan perubahan suhu pada sisi panas dan sisi dingin melalui variasi masukan listrik, serta menganalisis kelayakan perangkat berdasarkan instrumen evaluasi yang digunakan dalam laporan penelitian. Kebaruan kontekstual penelitian terletak pada pengintegrasian modul Peltier, dua sensor suhu, pengaturan masukan listrik, penyajian data pengukuran, dan aktivitas interpretasi grafik dalam satu kit praktikum yang ditujukan bagi calon guru IPA. Penelitian ini berfokus pada pengembangan dan

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16396

EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
Vol. 6, No. 4, Oktober-Desember 2026
e-ISSN : 2807-8659 | p-ISSN : 2807-8829
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/educator

kelayakan perangkat, sehingga tidak diarahkan untuk menyimpulkan efektivitas peningkatan hasil belajar mahasiswa tanpa didukung pengujian pembelajaran komparatif.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) yang bertujuan mengembangkan alat praktikum berbasis modul Peltier sebagai media pembelajaran Hukum I dan Hukum II Termodinamika pada Program Studi Tadris IPA UIN Datokarama Palu. Desain pengembangan meliputi beberapa tahapan, yaitu analisis kebutuhan pembelajaran, perancangan produk, pengembangan dan perakitan perangkat, pengujian fungsi, validasi ahli, serta revisi produk berdasarkan hasil evaluasi. Pengembangan dilakukan secara bertahap dengan mempertimbangkan aspek fungsionalitas, kelayakan teknis, keselamatan penggunaan, dan kesesuaian perangkat dengan tujuan pembelajaran.

Penelitian dilaksanakan di lingkungan Program Studi Tadris IPA, Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan, UIN Datokarama Palu. Waktu pelaksanaan penelitian belum dicantumkan secara spesifik dalam dokumen sumber sehingga perlu disesuaikan dengan tanggal pelaksanaan pengembangan dan pengujian produk yang sebenarnya. Objek penelitian adalah perangkat praktikum termodinamika berbasis modul Peltier yang terdiri atas modul termoelektrik, catu daya arus searah, sistem pembuangan kalor berupa *heat sink* dan kipas, sensor suhu, perangkat pembacaan hasil pengukuran, serta komponen pengaman berupa saklar dan sekring. Subjek penilaian kelayakan melibatkan validator ahli materi dan ahli media. Mahasiswa Program Studi Tadris IPA menjadi sasaran pengguna dalam evaluasi keterpakaian perangkat. Jumlah validator dan mahasiswa perlu dicantumkan berdasarkan daftar responden penelitian yang sebenarnya.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, pengukuran eksperimental, validasi ahli, dan dokumentasi. Observasi digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan praktikum serta mengamati fungsi dan kemudahan pengoperasian perangkat. Pengukuran eksperimental dilakukan dengan mencatat suhu pada sisi panas dan sisi dingin modul Peltier menggunakan sensor temperatur, serta mengukur tegangan dan arus listrik menggunakan instrumen pengukuran listrik. Pengamatan perubahan suhu dilakukan selama 20 menit pada interval menit ke-0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, dan 20, dengan kondisi tegangan 12 V, kipas aktif, dan suhu ruang rata-rata 29,6 °C. Pengujian variasi masukan listrik dilakukan pada tegangan 6 V, 9 V, dan 12 V dengan pengamatan pada menit ke-15. Setiap pengujian dilaporkan menggunakan tiga kali pengulangan sebagaimana tercantum dalam laporan pengembangan. Selanjutnya, validasi ahli dilakukan menggunakan lembar penilaian yang mencakup aspek kesesuaian materi, kualitas media, karakteristik teknis, dan dukungan pembelajaran. Angket respons mahasiswa digunakan untuk memperoleh informasi mengenai keterpakaian perangkat, sedangkan dokumentasi digunakan untuk merekam proses perakitan, pengujian, dan revisi produk.

Data penelitian dianalisis menggunakan teknik deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Data hasil pengukuran suhu, tegangan, dan arus dianalisis dengan menghitung perbedaan suhu antara sisi panas dan sisi dingin serta daya listrik masukan menggunakan persamaan (P=V\times I), dengan (P) sebagai daya (W), (V) sebagai tegangan (V), dan (I) sebagai arus (A). Data perubahan suhu disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mengidentifikasi kecenderungan respons termal perangkat. Penilaian kelayakan dianalisis menggunakan persentase perbandingan skor yang diperoleh dengan skor maksimum melalui rumus $NP = \frac{R}{SM} x100\%$, dengan (NP) sebagai nilai persentase, (R) sebagai skor yang diperoleh, dan (SM) sebagai skor maksimum. Hasil persentase kemudian diinterpretasikan berdasarkan kriteria kelayakan yang digunakan dalam instrumen penelitian. Sementara itu, data kualitatif dari komentar dan saran validator dianalisis secara deskriptif sebagai dasar penyempurnaan produk. Analisis dibatasi

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16396

EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
Vol. 6, No. 4, Oktober-Desember 2026
e-ISSN : 2807-8659 | p-ISSN : 2807-8829
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/educator

pada karakteristik dan kelayakan perangkat; efektivitas terhadap peningkatan hasil belajar mahasiswa tidak diuji karena penelitian ini tidak menggunakan desain eksperimen pembelajaran komparatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Rancangan dan realisasi perangkat

Produk dirancang sebagai kit praktikum yang menampilkan dua daerah dengan respons termal berbeda ketika modul diberi energi listrik. Dalam laporan, tahapan realisasi diperlihatkan melalui pemasangan komponen pada wadah, penambahan papan pemisah, saklar, dan sekring. Unsur ini penting untuk mengubah demonstrasi laboratorium menjadi kegiatan yang dapat dioperasikan mahasiswa dengan prosedur keselamatan yang jelas.

Rancangan menempatkan modul termoelektrik sebagai pusat pengamatan. Sisi panas membutuhkan jalur pelepasan kalor yang memadai, sedangkan sisi dingin harus dapat diukur tanpa mengganggu kontak termal. Pengukuran dua sisi secara serentak memungkinkan mahasiswa melihat bahwa proses pemanasan dan pendinginan terjadi dalam satu rangkaian energi.

Aspek desain instruksional perlu dibedakan dari aspek teknik. Secara teknik, keberhasilan awal berarti sensor menampilkan perubahan yang terbaca, komponen terlindungi, dan pengoperasian tidak menimbulkan gangguan. Secara pedagogik, keberhasilan berarti mahasiswa mampu menggunakan angka suhu untuk membangun penjelasan tentang kerja listrik, aliran kalor, dan perubahan keadaan sistem.

Keberadaan saklar dan sekring sebagaimana ditunjukkan pada bagian hasil laporan mendukung keamanan dasar, tetapi belum menggantikan uji ketahanan, inspeksi sambungan, pengujian suhu permukaan yang dapat disentuh, dan pemeriksaan keselamatan listrik. Karena itu, kesimpulan keamanan jangka panjang belum dapat dibuat dari uraian perakitan saja.

Dari sisi penerapan, alat berpotensi dipakai dalam kelompok kecil dengan tugas mengidentifikasi komponen, mencatat data berkala, membuat kurva, dan membandingkan respons pada daya berbeda. Tahapan tersebut merupakan usulan pembelajaran yang konsisten dengan fungsi alat, bukan bukti bahwa semua capaian telah terukur pada mahasiswa.

Karakteristik perubahan suhu

Laporan antara menyajikan pengukuran temperatur dua permukaan selama 20 menit. Kedua permukaan bermula pada suhu yang sama, kemudian bergerak ke arah berlawanan setelah suplai listrik diaktifkan. Data pada Tabel 1 memperlihatkan perkembangan suhu dan selisihnya pada sembilan titik pengamatan.

Tabel 1. Data perubahan suhu yang dilaporkan dalam laporan antara

Menit	Panas (°C)	Dingin (°C)	ΔT (°C)
0	29.6	29.6	0.0
2	34.8	25.8	9.0
4	39.7	22.9	16.8
6	43.9	20.7	23.2
8	47.2	19.1	28.1
10	49.8	17.9	31.9
12	51.7	17.1	34.6

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16396

EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
Vol. 6, No. 4, Oktober-Desember 2026
e-ISSN : 2807-8659 | p-ISSN : 2807-8829
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/educator

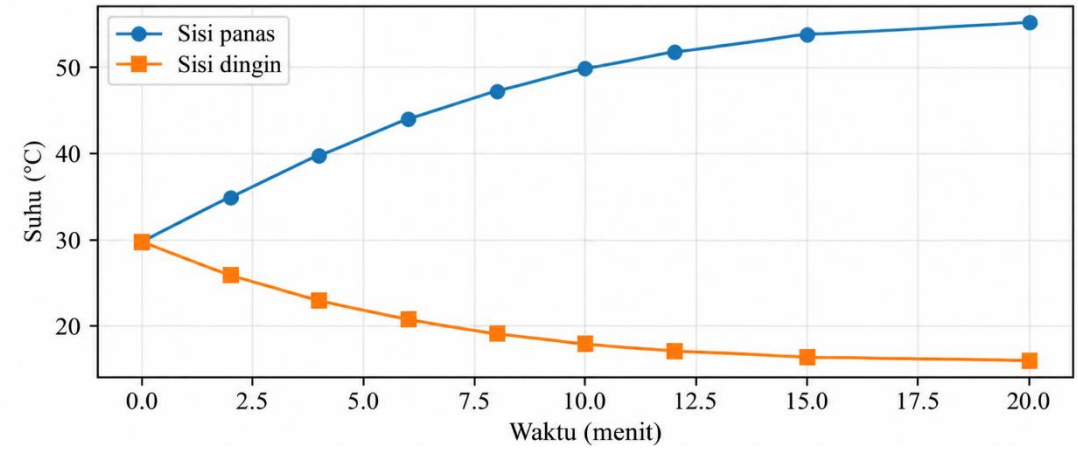
Menit	Panas (°C)	Dingin (°C)	ΔT (°C)
15	53.8	16.4	37.4
20	55.1	16	39.1

Pola yang tampak ialah kenaikan suhu sisi panas disertai penurunan sisi dingin. Perubahan berlangsung lebih tajam pada fase awal dan semakin lambat menjelang akhir pengamatan. Secara fisika, bentuk kurva ini konsisten dengan sistem termal yang bergerak menuju kondisi mendekati tunak, ketika perpindahan energi dan pelepasan kalor saling menyeimbangkan secara dinamis.

Beda suhu yang dihitung dari nilai akhir mencapai 39,1 °C. Besaran tersebut menunjukkan pemisahan temperatur antarsisi pada kondisi yang dicantumkan, tetapi bukan ukuran langsung besarnya kalor yang dipindahkan atau efisiensi perangkat. Interpretasi kalor memerlukan pengukuran tambahan terhadap sifat termal dan laju perpindahan energi.

Bagi pembelajaran, rangkaian data ini dapat dimanfaatkan untuk mengajarkan cara memilih variabel bebas dan terikat, membaca tren, serta menjelaskan perbedaan antara suhu dan kalor. Mahasiswa juga dapat diminta mengkritisi ketidakpastian sensor dan perubahan kondisi lingkungan.

Visualisasi respons termal



Gambar 1. Kurva suhu sisi panas dan sisi dingin; diolah dari Tabel 4.5 laporan antara.

Gambar 1 memperlihatkan pemisahan kurva yang cepat pada pengamatan awal. Selanjutnya, kedua kurva mulai melandai, meskipun belum dapat dipastikan bahwa sistem telah mencapai keadaan tunak sempurna. Pernyataan "mendekati keadaan tunak" lebih tepat daripada menyebut telah terjadi kesetimbangan termal penuh.

Grafik memungkinkan dosen memandu pembahasan tentang respons transien, gradien temperatur, dan peran pelepasan kalor ke lingkungan. Mahasiswa dapat membandingkan kemiringan kurva antarrentang waktu, menyusun interpretasi fisika, lalu menilai apakah data mendukung hipotesis yang mereka ajukan.

Untuk menguatkan validitas pengamatan, pengujian berikutnya perlu menampilkan data tiap pengulangan, simpangan baku, ketidakpastian instrumen, dan lokasi penempatan sensor. Tanpa rincian tersebut, keterulangan pengukuran belum dapat dinilai secara mandiri oleh pembaca.

Sebagai catatan integritas pelaporan, grafik merupakan visualisasi ulang angka yang tercantum pada laporan antara, bukan pengukuran baru yang dilakukan untuk artikel ini. Status

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16396

EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
Vol. 6, No. 4, Oktober-Desember 2026
e-ISSN : 2807-8659 | p-ISSN : 2807-8829
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/educator

hasil sebagai draf/simulasi pada dokumen sumber tetap harus dijelaskan ketika naskah disiapkan untuk publikasi.

Pengaruh masukan listrik

Tabel 2. Variasi tegangan, arus, daya, dan perbedaan suhu pada menit ke-15

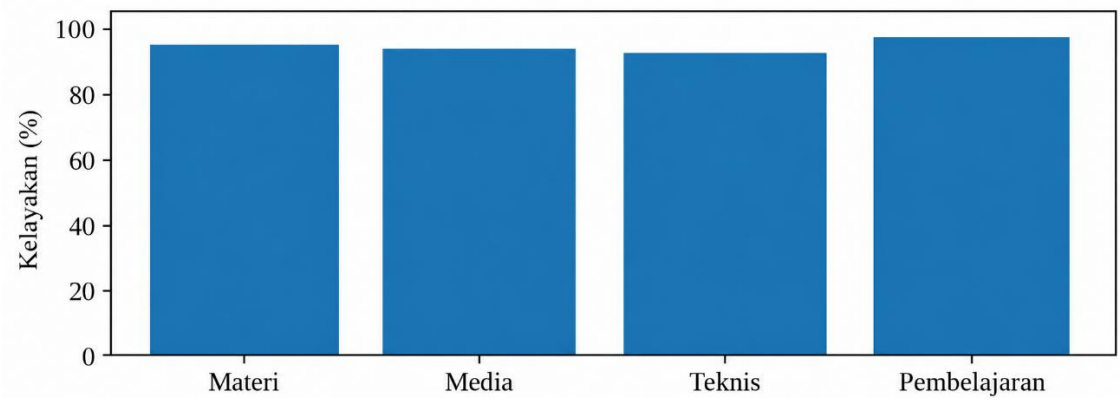
V (V)	I (A)	P (W)	Panas (°C)	Dingin (°C)	ΔT (°C)
6	2,1	12,6	43,2	22,8	20,4
9	3,2	28,8	49,1	18,9	30,2
12	4,5	54,0	53,8	16,4	37,4

Pada rentang kondisi yang dicantumkan dalam Tabel 2, masukan listrik lebih tinggi berkaitan dengan perbedaan suhu lebih besar. Akan tetapi, kenaikannya tidak proporsional sempurna. Hal ini masuk akal karena pemanasan resistif, perpindahan kalor balik, dan kapasitas pembuangan panas dapat memengaruhi respons modul.

Hubungan daya dan beda suhu tidak boleh dibaca sebagai bukti efisiensi yang meningkat. Daya listrik dapat meningkat lebih cepat daripada kemampuan menghasilkan efek pendinginan yang berguna. Perhitungan koefisien performa menuntut pengukuran laju kalor yang belum tersedia pada tabel.

Praktikum variasi masukan dapat dipakai untuk mengembangkan keterampilan membaca multimeter, menghitung daya, serta mengkritisi hubungan antarvariabel. Peserta perlu menghindari menyamakan “daya lebih besar” dengan “alat lebih efisien”.

Validasi kelayakan



Gambar 2. Persentase penilaian kelayakan menurut

Penilaian kelayakan dan revisi

Penilaian dalam laporan antara meliputi empat aspek: kesesuaian materi, mutu media, karakteristik teknis, dan dukungan pembelajaran. Rekapitulasi menunjukkan skor materi 57 dari 60, media 45 dari 48, teknis 44 dari 48, serta pembelajaran 46 dari 48. Totalnya 192 dari 204 atau 94,12%, dengan kategori “sangat layak” berdasarkan klasifikasi laporan.

Aspek pembelajaran memperoleh skor relatif tertinggi. Temuan ini mengindikasikan bahwa penilai memandang perangkat relevan dengan tujuan dan aktivitas pembelajaran. Meski demikian, skor validasi merupakan penilaian ahli atas kelayakan, bukan pengukuran langsung terhadap peningkatan penguasaan konsep mahasiswa.

Aspek teknis memperoleh nilai paling rendah di antara empat aspek, meskipun masih berada pada kategori yang sama. Catatan perbaikan dalam laporan berkaitan dengan ketahanan casing, peringatan permukaan panas, dan penataan kabel. Catatan ini substantif karena

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16396

EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
Vol. 6, No. 4, Oktober-Desember 2026
e-ISSN : 2807-8659 | p-ISSN : 2807-8829
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/educator

kepraktisan penggunaan berulang bergantung pada kemudahan perawatan dan keselamatan, bukan hanya keberhasilan alat menghasilkan perbedaan suhu.

Revisi yang disarankan ialah menyediakan label peringatan, pelindung bagian yang berpotensi panas, penempatan kabel yang tidak mudah tertarik, dan prosedur pemutusan daya sebelum menyentuh modul. Perbaikan tersebut perlu diuji ulang, kemudian didokumentasikan dengan foto serta catatan perubahan spesifikasi.

Interpretasi persentase perlu memperhatikan jumlah dan karakteristik validator. Laporan menyebut ahli materi dan ahli media, sementara tabel rekapitulasi menggabungkan sejumlah aspek. Sebelum publikasi, identitas peran penilai, banyaknya butir, skor individual, serta proses konsolidasi penilaian perlu dipastikan agar audit metodologis dapat dilakukan.

Pembahasan

Karakteristik dan fungsi alat praktikum berbasis modul Peltier

Pengembangan alat praktikum berbasis modul Peltier diarahkan untuk menyediakan media eksperimen yang dapat memperlihatkan hubungan antara energi listrik, perubahan suhu, dan perpindahan kalor secara langsung. Karakteristik utama perangkat terletak pada kemampuannya menghasilkan dua kondisi termal yang berbeda dalam satu modul, yaitu peningkatan suhu pada sisi panas dan penurunan suhu pada sisi dingin. Karakteristik tersebut menjadikan perangkat relevan untuk pembelajaran termodinamika karena mahasiswa dapat mengamati fenomena fisik yang berkaitan dengan prinsip kerja sistem termoelektrik, bukan hanya mempelajarinya melalui persamaan matematis.

Secara fungsional, integrasi modul Peltier, catu daya, *heat sink*, kipas, sensor suhu, dan komponen pengaman memungkinkan perangkat digunakan untuk mengamati respons termal sekaligus mengukur perubahan suhu pada kedua sisi modul. Rancangan ini memiliki kesamaan tujuan dengan demonstrator efek Peltier yang dikembangkan Pratama dan Saraswati (2023), yaitu menghadirkan fenomena pemanasan dan pendinginan termoelektrik melalui perangkat eksperimen. Namun, orientasi pengembangan dalam penelitian ini lebih diarahkan pada kebutuhan praktikum mahasiswa Tadris IPA dengan mengintegrasikan pengamatan suhu, pengukuran masukan listrik, penyajian data, dan interpretasi grafik dalam satu aktivitas pembelajaran.

Dari perspektif pembelajaran, karakteristik perangkat tersebut memberikan peluang bagi mahasiswa untuk menghubungkan konsep teoretis dengan hasil pengamatan empiris. Mahasiswa dapat mengidentifikasi komponen, mengamati perubahan temperatur, mencatat hasil pengukuran, serta menjelaskan hubungan antara energi listrik dan perpindahan kalor. Dengan demikian, nilai pengembangan produk tidak hanya terletak pada keberhasilan merakit perangkat, tetapi juga pada tersedianya pengalaman eksperimen yang dapat digunakan untuk membangun penalaran ilmiah dalam pembelajaran termodinamika.

Respons termal modul Peltier dan keterkaitannya dengan hukum termodinamika

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pemberian tegangan 12 V menghasilkan perubahan suhu yang berlawanan antara kedua sisi modul. Suhu sisi panas meningkat dari 29,6 °C menjadi 55,1 °C, sedangkan suhu sisi dingin menurun dari 29,6 °C menjadi 16 °C selama 20 menit pengamatan. Perbedaan suhu pada akhir pengujian mencapai 39,1 °C. Pola tersebut menunjukkan bahwa modul Peltier mampu menghasilkan respons pemanasan dan pendinginan secara bersamaan ketika dialiri arus listrik.

Secara konseptual, fenomena tersebut dapat dijelaskan melalui prinsip efek Peltier, yaitu perpindahan kalor yang terjadi akibat aliran arus listrik melalui material termoelektrik. Energi listrik yang diberikan memungkinkan kalor diserap pada salah satu sisi modul dan

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16396

EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
Vol. 6, No. 4, Oktober-Desember 2026
e-ISSN : 2807-8659 | p-ISSN : 2807-8829
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/educator

dilepaskan pada sisi lainnya. Pratama dan Saraswati (2023) juga menunjukkan pemanfaatan modul termoelektrik sebagai demonstrator untuk memperlihatkan fenomena pemanasan dan pendinginan. Dengan demikian, hasil pengujian dalam penelitian ini mendukung penggunaan perangkat Peltier sebagai media untuk mengamati karakteristik perpindahan kalor secara eksperimental.

Temuan tersebut memiliki keterkaitan langsung dengan Hukum I Termodinamika, khususnya prinsip kekekalan energi. Pada sistem pendingin termoelektrik, energi listrik yang diberikan berperan sebagai kerja untuk memindahkan kalor dari sisi dingin menuju sisi panas. Secara konseptual, neraca energi dapat dijelaskan melalui hubungan ($Q_h=Q_c+W_e$), dengan (Q_h) sebagai kalor yang dilepaskan pada sisi panas, (Q_c) sebagai kalor yang diserap pada sisi dingin, dan (W_e) sebagai kerja listrik yang diberikan. Stephanos dan Addison (2023) menjelaskan hubungan antara kalor, kerja, dan energi dalam sebagai komponen penting dalam analisis termodinamika. Namun, pada penelitian ini besaran kalor tidak diukur secara langsung sehingga persamaan tersebut digunakan sebagai landasan interpretasi konseptual, bukan sebagai hasil perhitungan neraca energi kuantitatif.

Selain itu, fenomena tersebut relevan dengan Hukum II Termodinamika. Secara alami, kalor berpindah dari temperatur yang lebih tinggi menuju temperatur yang lebih rendah. Sebaliknya, pemindahan kalor dari sisi yang lebih dingin menuju sisi yang lebih panas membutuhkan masukan energi dari luar. Xue dan Guo (2023) menjelaskan bahwa siklus termoelektrik tetap tunduk pada prinsip Hukum II Termodinamika dan bahwa proses pemompaan kalor harus dipahami dalam hubungan antara perpindahan kalor dan kerja. Oleh karena itu, perbedaan suhu yang dihasilkan modul Peltier dapat digunakan untuk membantu mahasiswa memahami bahwa perpindahan kalor yang dikendalikan secara aktif memerlukan masukan energi.

Pola perubahan suhu juga memperlihatkan kenaikan temperatur sisi panas dan penurunan temperatur sisi dingin yang relatif cepat pada awal pengamatan, kemudian semakin melambat pada interval berikutnya. Kecenderungan tersebut mengindikasikan bahwa respons termal perangkat bergerak menuju kondisi yang lebih stabil. Namun, kondisi tersebut belum dapat dinyatakan sebagai kesetimbangan termal sempurna karena pengamatan masih menunjukkan perbedaan suhu yang cukup besar antara kedua sisi modul. Kondisi ini dapat digunakan sebagai bahan diskusi mengenai pengaruh pelepasan kalor ke lingkungan, kapasitas termal komponen, dan kemampuan sistem pendingin dalam mempertahankan perbedaan temperatur.

Hubungan variasi masukan listrik dengan perbedaan suhu

Pengujian pada tegangan 6 V, 9 V, dan 12 V memperlihatkan kecenderungan peningkatan perbedaan suhu seiring dengan meningkatnya masukan listrik. Pada tegangan 6 V, perbedaan suhu tercatat sebesar 20,4 °C dengan daya masukan 12,6 W. Pada tegangan 9 V, perbedaan suhu meningkat menjadi 30,2 °C dengan daya 28,8 W. Sementara itu, pada tegangan 12 V, perbedaan suhu mencapai 37,4 °C dengan daya masukan 54 W. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan positif antara variasi masukan listrik dan respons termal perangkat pada kondisi pengujian yang dilaporkan.

Kecenderungan tersebut menunjukkan bahwa perubahan masukan listrik dapat memengaruhi kemampuan modul dalam menghasilkan perbedaan temperatur. Meskipun demikian, peningkatan perbedaan suhu tidak berlangsung secara proporsional terhadap kenaikan daya. Hal ini menunjukkan bahwa respons termal tidak hanya dipengaruhi oleh besarnya energi listrik, tetapi juga oleh kondisi pelepasan kalor pada sisi panas, hambatan termal, kontak antarkomponen, serta pengaruh temperatur lingkungan. Oleh karena itu,

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16396

EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
Vol. 6, No. 4, Oktober-Desember 2026
e-ISSN : 2807-8659 | p-ISSN : 2807-8829
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/educator

peningkatan daya masukan tidak dapat langsung diartikan sebagai peningkatan efisiensi perangkat.

Temuan ini penting untuk pembelajaran karena mahasiswa dapat menggunakan variasi tegangan dan arus sebagai dasar untuk menganalisis hubungan antarvariabel dalam suatu sistem termodinamika. Melalui pengukuran tersebut, mahasiswa dapat menghitung daya listrik, membandingkan perubahan temperatur, menyusun grafik, dan menjelaskan kemungkinan faktor yang memengaruhi respons sistem. Aktivitas tersebut juga memberikan kesempatan untuk membedakan besaran suhu, kalor, dan energi listrik yang sering kali dipahami sebagai konsep yang sama.

Meskipun demikian, penelitian ini belum mengukur laju perpindahan kalor secara langsung sehingga koefisien performa atau *coefficient of performance* (COP) belum dapat ditentukan. Penelitian Pratama dan Saraswati (2023) memberikan landasan mengenai pemanfaatan demonstrator termoelektrik untuk mempelajari karakteristik efek Peltier. Pengembangan selanjutnya dapat memperluas pengujian dengan mengukur laju kalor pada sisi panas dan dingin, mengendalikan kondisi lingkungan, serta mengevaluasi hubungan antara daya listrik dan kemampuan pendinginan. Dengan demikian, analisis kinerja perangkat dapat dilakukan secara lebih komprehensif dan tidak hanya didasarkan pada perbedaan temperatur.

Kelayakan perangkat sebagai media pembelajaran termodinamika

Hasil penilaian kelayakan menunjukkan bahwa perangkat memperoleh skor total 192 dari skor maksimum 204 atau sebesar 94,12%. Penilaian tersebut mencakup aspek kesesuaian materi, kualitas media, karakteristik teknis, dan dukungan pembelajaran. Persentase tersebut menunjukkan bahwa berdasarkan rekapitulasi penilaian dalam laporan penelitian, perangkat berada pada kategori sangat layak untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai media praktikum termodinamika.

Aspek dukungan pembelajaran memperoleh skor relatif tinggi, yaitu 46 dari 48. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa perangkat dinilai memiliki kesesuaian dengan kebutuhan pembelajaran, khususnya dalam memvisualisasikan fenomena perpindahan kalor dan hubungan energi listrik dengan perubahan suhu. Sementara itu, aspek teknis memperoleh skor 44 dari 48 dan menjadi aspek dengan skor relatif paling rendah. Perbedaan ini menunjukkan bahwa meskipun perangkat telah memiliki fungsi dasar yang mendukung kegiatan praktikum, masih terdapat aspek teknis yang perlu disempurnakan sebelum digunakan secara lebih luas.

Catatan mengenai ketahanan *casing*, peringatan pada permukaan panas, dan penataan kabel menjadi bagian penting dalam proses penyempurnaan produk. Aspek keselamatan tidak dapat dipisahkan dari pengembangan media praktikum karena perangkat akan digunakan secara langsung dalam kegiatan eksperimen. Oktariani et al. (2022) menekankan pentingnya pengetahuan keselamatan kerja bagi mahasiswa calon guru dalam aktivitas laboratorium. Oleh sebab itu, penyediaan pelindung komponen, label peringatan, penataan kabel, dan prosedur pemutusan sumber listrik perlu menjadi bagian dari penyempurnaan perangkat.

Hasil tersebut sejalan dengan pengembangan alat praktikum termodinamika oleh Andayani et al. (2023) melalui mesin Stirling tipe gamma sederhana. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengembangan perangkat eksperimen dapat menjadi alternatif penyediaan media pendukung pembelajaran termodinamika. Kesamaan kedua penelitian terletak pada orientasi pengembangan alat praktikum yang memungkinkan konsep termodinamika dipelajari melalui pengamatan langsung. Namun, karakteristik teknis, prinsip kerja, instrumen penilaian, dan konteks penggunaan kedua perangkat berbeda sehingga persentase kelayakannya tidak dapat dibandingkan secara langsung.

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16396

EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
Vol. 6, No. 4, Oktober-Desember 2026
e-ISSN : 2807-8659 | p-ISSN : 2807-8829
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/educator

Perlu ditegaskan bahwa persentase 94,12% merupakan gambaran penilaian kelayakan berdasarkan instrumen dan validator yang digunakan, bukan bukti bahwa perangkat telah efektif meningkatkan hasil belajar mahasiswa. Penilaian ahli menunjukkan kesesuaian produk berdasarkan aspek yang dinilai, sedangkan kepraktisan penggunaan dan efektivitas pembelajaran memerlukan pengujian empiris tersendiri. Dengan demikian, interpretasi kelayakan dalam penelitian ini dibatasi pada hasil evaluasi produk dan tidak diperluas menjadi klaim keberhasilan pembelajaran.

Implikasi pedagogis dan keterbatasan pengembangan

Pengembangan alat praktikum berbasis modul Peltier memiliki implikasi terhadap pembelajaran termodinamika pada pendidikan calon guru IPA. Perangkat dapat digunakan untuk mengembangkan kegiatan praktikum yang melibatkan pengamatan, pengukuran, pengolahan data, dan penyusunan penjelasan ilmiah. Mahasiswa tidak hanya mengamati perbedaan suhu, tetapi juga dapat menganalisis hubungan antara tegangan, arus, daya listrik, dan respons temperatur. Dengan demikian, kegiatan praktikum dapat diarahkan pada penguatan keterampilan proses sains dan kemampuan menghubungkan bukti eksperimen dengan konsep fisika.

Dalam penerapannya, perangkat dapat diintegrasikan melalui aktivitas eksperimen terbimbing. Mahasiswa terlebih dahulu merumuskan prediksi mengenai perubahan suhu, kemudian mengoperasikan alat sesuai prosedur, mencatat hasil pengukuran, dan menyajikan data dalam bentuk grafik. Selanjutnya, mahasiswa diminta menjelaskan hubungan hasil pengamatan dengan Hukum I dan Hukum II Termodinamika. Pendekatan tersebut memberikan ruang bagi mahasiswa untuk mengembangkan penalaran berbasis bukti, bukan sekadar menghafalkan definisi dan persamaan.

Meskipun memiliki potensi sebagai media praktikum, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, pengujian karakteristik termal masih terbatas pada parameter suhu, tegangan, dan arus sehingga belum dapat memberikan gambaran kuantitatif mengenai laju perpindahan kalor dan efisiensi perangkat. Kedua, pengujian keterulangan dan ketidakpastian pengukuran masih memerlukan dokumentasi yang lebih lengkap, termasuk data setiap pengulangan, kalibrasi sensor, dan pengendalian kondisi lingkungan. Ketiga, hasil validasi kelayakan belum dapat menggantikan pengujian kepraktisan dan efektivitas penggunaan perangkat dalam pembelajaran.

Selain itu, angka pengujian dan rekapitulasi validasi dalam laporan pengembangan masih perlu dikonfirmasi terhadap catatan eksperimen serta lembar penilaian asli sebelum diposisikan sebagai hasil empiris final. Keterbatasan tersebut penting diperhatikan agar interpretasi hasil tetap sesuai dengan bukti penelitian yang tersedia.

Secara keseluruhan, kontribusi utama penelitian ini terletak pada pengembangan kit praktikum berbasis modul Peltier yang mengintegrasikan pengamatan dua sisi temperatur, variasi masukan listrik, dan analisis data untuk pembelajaran Hukum Termodinamika. Perangkat ini berpotensi menjadi alternatif media eksperimen yang kontekstual bagi mahasiswa Tadris IPA. Namun, pengujian lanjutan tetap diperlukan untuk memastikan konsistensi kinerja teknis, keselamatan penggunaan, kepraktisan, dan efektivitasnya dalam meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa.

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan rancangan alat praktikum berbasis modul Peltier yang berpotensi digunakan sebagai media pembelajaran Hukum I dan Hukum II Termodinamika pada Program Studi Tadris IPA UIN Datokarama Palu. Perangkat mengintegrasikan modul

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16396

termoelektrik, catu daya, sistem pembuangan kalor, sensor suhu, dan komponen pengaman untuk memperlihatkan perubahan temperatur pada sisi panas dan sisi dingin secara bersamaan. Hasil pengujian yang dilaporkan menunjukkan bahwa pada tegangan 12 V diperoleh perbedaan suhu sebesar 39,1 °C selama 20 menit pengamatan, sedangkan variasi tegangan 6 V, 9 V, dan 12 V menunjukkan kecenderungan peningkatan perbedaan suhu seiring bertambahnya daya masukan. Penilaian kelayakan dalam laporan memperoleh persentase 94,12% dengan kategori sangat layak. Hasil tersebut menunjukkan potensi perangkat sebagai sarana praktikum untuk menghubungkan konsep energi listrik, perpindahan kalor, dan perubahan temperatur melalui pengamatan eksperimental. Namun, kelayakan teknis, keselamatan penggunaan, dan efektivitas pembelajaran masih memerlukan pengujian lanjutan. Oleh karena itu, penelitian berikutnya disarankan melakukan verifikasi data pengukuran dan validasi, penyempurnaan konstruksi serta sistem pengaman, pengujian keterulangan dan ketidakpastian pengukuran, serta uji kepraktisan dan efektivitas menggunakan asesmen pemahaman konseptual mahasiswa.

DAFTAR PUSTAKA

Ade Rahayu. (2025). Metode penelitian dan pengembangan (R&D): Pengertian, jenis dan tahapan. *DIAJAR: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran, 4*(3). https://doi.org/10.54259/diajar.v4i3.5092

Andayani, D. S., Ayub, S., 'Ardhuha, J., & Susilawati, S. (2023). Pengembangan mesin Stirling tipe gamma sederhana sebagai alat praktikum termodinamika kelas XI. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan, 8*(1b). https://doi.org/10.29303/jipp.v8i1b.1211

Brown, B., & Singh, C. (2022). Student understanding of thermodynamic processes, variables and systems. *European Journal of Physics, 43*(5). https://doi.org/10.1088/1361-6404/ac7af2

Firetto, C. M., Van Meter, P. N., Kottmeyer, A., Turns, S. R., & Litzinger, T. A. (2021). An extension of the Thermodynamics Conceptual Reasoning Inventory (TCRI): Measuring undergraduate students' understanding of introductory thermodynamics concepts. *International Journal of Science Education, 43*(15), 2555–2576. https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1975847

Kralikova, R., Lumnitzer, E., Eiben, V., & Lukac-Jurgovska, E. (2025). Thermal imaging as a tool in technical education and applied engineering. *ICETA 2025—23rd Year of International Conference on Emerging E-Learning Technologies and Applications, Proceedings*. https://doi.org/10.1109/ICETA67772.2025.11280103

Kurnia AR, H. (2025). Implementasi IoT pada sistem monitoring suhu dan kelembaban menggunakan ESP32, Firebase dan Kodular. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), 9*(1). https://doi.org/10.36040/jati.v9i1.12874

Luo, R., Qv, M., Chen, J., Liu, W., & Shi, Q. (2022). A comprehensive experimental device based on Peltier effect for the study of thermal processes. *Physics and Engineering, 32*(5), 117–120. https://doi.org/10.26599/PHYS.2022.9320519

Marco, J. (2024). Methodology. In *Towards an empirical verification of the gravitational pull hypothesis: Evidence from the COVALT corpus*. https://doi.org/10.9783/9780812208207.153

Numan, N. F., Abdulrazzaq, O. A., Atewi, S. N., Ali, H., & Bedoui, M. H. (2025). A novel approach to determine the type of conductivity in semiconductors using a combined Seebeck and Peltier effects. *Iraqi Journal of Industrial Research, 12*(1). https://doi.org/10.53523/ijoirvol12i1id476

Oktariani, O., Febliza, A., Sari, Y., & Fauziah, N. (2022). Pengetahuan keselamatan kerja

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan

mahasiswa calon guru di laboratorium. *EDUKATIF: Jurnal Ilmu Pendidikan, 4*(4). https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i4.2971

Pham, D. D., Nguyen, T. M. Q., Le, T. D., & Huynh, T. K. (2025). Designing and evaluating the EVALLOS model for course learning outcome attainment measurement and quality assurance in Vietnamese higher education. *Vietnam Journal of Education*. https://doi.org/10.52296/vje.2025.765

Pratama, F. R., & Saraswati, V. (2023). Design of thermoelectric Peltier effect demonstrator using Modul TEC-12706 and TEG-SP1848. *Physics Education Research Journal, 5*(1). https://doi.org/10.21580/perj.2023.5.1.12552

Rahmawati, A. S., Hamidah, I., & Samsudin, A. (2023). Pengembangan modul ajar pada perkuliahan thermodinamika untuk meningkatkan penguasaan konsep sistem thermodinamika. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika, 7*(2). https://doi.org/10.37478/optika.v7i2.3341

Rahmawati, Y., Ramadhani, S. F., Afrizal, A., Puspitasari, M., & Mardiah, A. (2021). Development of students' conceptual understanding through STEAM project integration in thermochemistry. *JTK (Jurnal Tadris Kimiya), 6*(1), 62–74. https://doi.org/10.15575/jtk.v6i1.5498

Schilling, A., Zhang, X., & Bossen, O. (2019). Heat flowing from cold to hot without external intervention by using a "thermal inductor." *Science Advances, 5*(4). https://doi.org/10.1126/sciadv.aat9953

Seeratan, K. L., McElhaney, K. W., Mislevy, J., McGhee, R., Conger, D., & Long, M. C. (2020). Measuring students' ability to engage in scientific inquiry: A new instrument to assess data analysis, explanation, and argumentation. *Educational Assessment, 25*(2), 112–135. https://doi.org/10.1080/10627197.2020.1756253

Stephanos, J. J., & Addison, A. W. (2023). Work, heat, internal energy, and enthalpy (Chapter 2). In *Chemical thermodynamics and statistical aspects: Questions to ask in fundamentals and principles*. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15295-5.00013-2

Villarino, G. N. B. (2023). Fundamental thermal concepts: An assessment of university college students' conceptual understanding of everyday perspectives. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education, 6*(1), 96–108. https://doi.org/10.24042/ijsme.v6i1.11662

Wan, T. (2023). Investigating student reasoning about measurement uncertainty and ability to draw conclusions from measurement data in inquiry-based university physics labs. *International Journal of Science Education, 45*(3), 223–243. https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2156824

Xue, T.-W., & Guo, Z.-Y. (2023). Thermoelectric cycle and the second law of thermodynamics. *Entropy, 25*(1), Article 155. https://doi.org/10.3390/e25010155

Yang, D., Streveler, R., Miller, R. L., Senocak, I., & Slotta, J. (2020). Using schema training to facilitate students' understanding of challenging engineering concepts in heat transfer and thermodynamics. *Journal of Engineering Education, 109*(4), 743–759. https://doi.org/10.1002/jee.20360

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16396