

## PENENTUAN NILAI KALOR JENIS LOGAM MENGGUNAKAN METODE KALORIMETER BERDASARKAN ASAS BLACK

Sri Minartih<sup>1</sup>, Syakiraturrahmah<sup>2</sup>, Jeliana Veronika Sirait<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

<sup>2</sup>Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

<sup>3</sup>Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

e-mail : [jelianasirait@unja.ac.id](mailto:jelianasirait@unja.ac.id)

**Abstract:** *This study aims to determine the specific heat values of three types of metals, namely aluminum, brass, and copper, using the calorimeter method based on Black's Principle. The experiment was carried out by heating the metals to a certain temperature and then transferring them into a calorimeter containing water. The equilibrium temperature was recorded to calculate the heat absorbed by the water and the heat released by the metals. The results showed that the average specific heat values obtained were 0.42 cal/g°C for aluminum, 0.16 cal/g°C for brass, and 0.13 cal/g°C for copper. These results are consistent with the theoretical values, although there are deviations caused by heat loss to the environment and limitations of the measuring instrument. Critical analysis identified that the use of an analog thermometer and suboptimal calorimeter insulation were the main factors of inaccuracy. As a recommendation, the use of a digital temperature sensor and the addition of thermal insulation can improve measurement accuracy. This study concluded that the calorimeter method can be used to determine the specific heat of metals with a sufficient level of confidence, provided that interfering factors can be minimized.*

**Keywords:** *Calorimeter; Specific Heat Capacity; Metal; Black's Principle; Temperature*



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).

### PENDAHULUAN

Kalor merupakan salah satu bentuk energi yang berpindah akibat perbedaan suhu. Dalam konteks fisika, pemahaman tentang kalor dan perpidahannya sangat penting, terutama dalam studi termodinamika dan ilmu material. Salah satu konsep dasar yang sering digunakan dalam percobaan kalor adalah Asas Black ini menyatakan bahwa kalor yang dilepaskan oleh benda bersuhu tinggi sama dengan kalor yang diterima oleh benda bersuhu rendah. Prinsip ini menjadi landasan dalam pengukuran kalor jenis suatu zat (Khusnarini *et al.*, 2024; Noeratifah, 2024).

Kalor jenis adalah besaran yang menunjukkan banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu satu satuan massa zat sebesar satu derajat Celsius. Nilai kalor jenis setiap material berbeda-beda, tergantung pada struktur atom dan ikatan kimianya. Pengetahuan tentang kalor jenis logam, misalnya, sangat relevan dalam bidang rekayasa material dan teknologi energi. Karakteristik material sangat memengaruhi nilai kalor jenis ketika diuji dengan kalorimeter (Hartono *et al.*, 2020; Khusnarini *et al.*, 2024; Prihartono *et al.*, 2022).

Pengukuran kalor jenis logam umumnya dilakukan menggunakan alat yang disebut kalorimeter. Menurut Sardjito & Yuningsih (2021), kalorimeter dirancang untuk mengisolasi sistem dari lingkungan agar pertukaran kalor dapat diukur secara akurat. Namun, dalam praktiknya, masih sering ditemui ketidakakuratan akibat kehilangan kalor ke lingkungan atau keterbatasan alat ukur. Teknik eksperimen dan kondisi lingkungan sangat memengaruhi hasil pengukuran suhu saat pengukuran kalor dan jenis material wadah sangat berpengaruh pada kecepatan kehilangan kalor (Nasution *et al.*, 2025; Siregar *et al.*, 2023; Suhada, 2023).

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan kalorimeter dengan berbagai inovasi. Misalnya, merancang kalorimeter berbasis Arduino Uno untuk meningkatkan akurasi pengukuran kalor jenis. Beberapa penelitian lain mengembangkan kit eksperimen kalorimeter digital untuk melatih kemampuan merancang eksperimen bagi calon guru IPA ada juga peneliti yang merancang perangkat pengukur kapasitas panas berbasis mikrokontroler untuk meningkatkan keandalan eksperimen serta mengembangkan kalorimeter berbahan limbah yang efektif dan murah (Aisyah *et al.*, 2022; Farida *et al.*, 2020; Galih *et al.*, 2020; Listiaji *et al.*, 2024).

Pengukuran kalor jenis logam di tingkat pendidikan masih sering menghadapi kendala, meskipun telah ada berbagai inovasi. Seperti keterbatasan alat dan waktu praktikum. Hali ini menyebabkan hasil eksperimen sering menyimpang dari nilai teoritis. Ketidaksesuaian hasil pengukuran dapat disebabkan oleh faktor lingkungan dan teknik eksperimen yang kurang optimal (Falakh *et al.*, 2025; Mafruddin *et al.*, 2022; Nurfachri *et al.*, 2025).

Peneliti menemukan kendala dalam pengukuran suhu setimbang dan isolasi kalorimeter berdasarkan pengalaman eksperimen. Kondisi tersebut menyebabkan sebagian energi kalor terbuang ke lingkungan, sehingga mempengaruhi hasil perhitungan kalor jenis. Hal ini sejalan dengan penemuan Yuningsih & Sardjito (2021), yang menekankan pentingnya koreksi suhu lingkungan dengan percobaan kalorimeter.

Penelitian ini berfokus pada penemuan kalor jenis logam (aluminium, kuningan, dan tembaga) menggunakan kalorimeter berdasarkan asas Black. Faktor keakuratan seperti kecepatan pengukuran, isolasi termal, dan kalibrasi alat turut dianalisis untuk meminimalisir kesalahan dan mendekatkan hasil pada nilai teoritis.

## **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian digunakan yaitu dengan melakukan eksperimen nyata di mana metode eksperimen digunakan untuk menguji hipotesis dengan melihat hubungan sebab akibat antarvariabel. Menurut Abraham *et al.* (2022), *experiment* di dalam bahasa Inggris berarti percobaan. Percobaan berarti melakukan suatu kegiatan dengan beberapa cara untuk menghasilkan atau mengkonfirmasi tentang suatu hal. Sedangkan menurut Rora *et al.* (2022), metode eksperimen adalah cara penyajian pelajaran dimana peneliti melakukan percobaan dengan mengalami dan membuktikan sendiri suatu yang dipelajari secara nyata Jenis logam yang diuji, seperti, aluminium, kuningan dan tembaga digunakan sebagai variabel bebas dalam penelitian ini. Kalor logam yang diukur menggunakan asas Black, yaitu prinsip kesetimbangan kalor antara benda panas dan dingin, digunakan sebagai variabel terikat.

Tahap awal penelitian dimulai dengan menyiapkan alat dan bahan yaitu, neraca digital, bunsen, kaki tiga, kawat kasa, termometer, kalorimeter, gelas ukur, korek api, batang statif, dan balok logam (aluminium, kuningan, dan tembaga). Eksperimen harus mempertimbangkan keakuratan alat ukur serta kestabilan kondisi lingkungan agar hasil penelitian valid. Semua alat dikalibrasi terlebih dahulu dan suhu ruangan dijaga konstan. Logam yang akan diuji dipanaskan

dengan air mendidih hingga mencapai suhu tertentu. Logam kemudian dimasukkan ke dalam kalorimeter yang mengukur suhu air yang diketahui.

Tahap berikutnya adalah pengambilan data dan pengolahan hasil eksperimen. Suhu akhir sistem (campuran air dan logam) diukur hingga mencapai kesetimbangan termal. Menurut Radjawane *et al* (2022) asas Black, kalor yang dilepas oleh logam sama dengan kalor yang diterima oleh air, persamaan dasar yang digunakan adalah :

$$Q_{lepas} = Q_{terima}$$

atau

$$m_b \cdot c_b \cdot (T_2 - T_c) = m_{air} \cdot c_{air} \cdot (T_c - T_1) \dots(1)$$

Data selanjutnya dianalisis dan diinterpretasikan untuk menentukan tingkat ketepatan hasil penelitian, nilai kalor jenis masing-masing logam dibandingkan dengan data standar. Langkah berikutnya yaitu membahas penyebab kesalahan seperti kehilangan kalor ke lingkungan, kesalahan alat kalorimeter, atau pengukuran suhu yang tidak akurat. Peninjauan kembali faktor kesalahan dan kendala alat adalah bagian penting dalam metode eksperimen agar hasil penelitian dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Penelitian tidak hanya menghasilkan data kuantitatif tentang kalor logam, tetapi juga mengajarkan peserta keterampilan ilmiah dalam merancang, melakukan, dan mengevaluasi kegiatan eksperimen fisika.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Penelitian

Hasil percobaan pertama dengan menggunakan logam kuningan disajikan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Data Eksperimen Pada Kuningan

No	$m_b$	$m_{Air}$	$T_1$	$T_2$	$T_c$	$C_b$
1.	67,65	93,42	27°C	60°C	31°C	0,19
2.	67,65	93,42	26°C	62°C	32°C	0,27
3.	67,65	93,42	27°C	61°C	30°C	0,19

Adapun percobaan kedua dengan menggunakan logam aluminium disajikan pada tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Data Eksperimen Pada Aluminium

No	$m_b$	$m_{Air}$	$T_1$	$T_2$	$T_c$	$C_b$
1.	21,34	93,42	27°C	61°C	30°C	0,42
2.	21,34	93,42	27°C	62°C	30°C	0,41
3.	21,34	93,42	27°C	61°C	30°C	0,42

Adapun percobaan ketiga dengan menggunakan logam tembaga disajikan pada tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Data Eksperimen Pada Tembaga

No	$m_b$	$m_{Air}$	$T_1$	$T_2$	$T_c$	$C_b$
1.	71,32	93,42	27°C	63°C	30°C	0,11
2.	71,32	93,42	27°C	62°C	31°C	0,16
3.	71,32	93,42	27°C	63°C	30°C	0,11

## B. Pembahasan

Suhu dan kalor merupakan dua besaran penting dalam termodinamika. Menurut Handayani *et al* (2023) dan Nonti *et al* (2024), suhu menggambarkan tingkat panas suatu benda, sedangkan kalor adalah energi yang berpindah akibat perbedaan suhu antara dua sistem. Ketika logam panas dicelupkan ke air dingin, kalor berpindah hingga tercapai kesetimbangan termal. Penelitian Sugiyono (2009) menyatakan bahwa kalor jenis suatu zat didefinisikan sebagai banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan atau melepaskan suhu tiap satu kilogram massa suatu zat sebesar 1°C atau satu kelvin. Eksperimen ini bertujuan menentukan kalor jenis logam kuningan, aluminium, dan tembaga menggunakan metode kalorimeter berbasis asas Black, di mana energi yang dilepaskan logam sama dengan energi yang diterima air.

Percobaan menggunakan metode kalorimeter campuran, yaitu logam yang telah dipanaskan dicelupkan ke dalam air bersuhu lebih rendah di dalam wadah kalorimeter. Alat dan bahan yang digunakan antara lain: termometer, batang statif, bunsen, kawat kasa, kaki tiga, gelas ukur (250 ml dan 500 ml), kalorimeter, dan neraca digital. Prinsip yang digunakan adalah "kalor yang dipanaskan logam sama dengan kalor yang diterima air" ( $Q_{lepas} = Q_{terima}$ ) sesuai hukum kekekalan energi (Aisyah *et al.*, 2022; Potabuga *et al.*, 2025).

Langkah-langkah yang dilakukan meliputi: menimbang massa logam ( $m_b$ ) dan massa air ( $m_{air}$ ) dalam kalorimeter menggunakan neraca digital, memanaskan logam hingga suhu awal ( $T_1$ ) antara 60-63°C, serta mencatat suhu awal air ( $T_2$ ) sekitar 27°C. Setelah logam panas dimasukkan ke air, sistem dibiarkan hingga mencapai suhu kesetimbangan ( $T_c$ ) (Yuningsih & Sardijo, 2021). Menurut Sidabalok *et al.* (2024), semua pengukuran suhu dilakukan dengan termometer analog yang memiliki ketelitian  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ .

Data hasil percobaan menunjukkan bahwa pada logam kuningan ( $m_b = 67,65$  g,  $m_{air} = 93,72$  g), diperoleh  $T_c$  juga berkisar 30°C dengan nilai kalor jenis rata-rata 0,42 kal/g°C. Sedangkan tembaga ( $m_b = 71,32$  g,  $m_{air} = 93,72$  g) menghasilkan nilai kalor jenis rata-rata 0,13 kal/g°C. Menurut Haurissa *et al.* (2025); Pardede *et al.* (2023), mengatakan hal ini menunjukkan bahwa semakin besar perbedaan suhu awal logam dengan air, semakin besar pula energi kalor yang berpindah. Menurut Siregar *et al.* (2023), secara matematis dituliskan sebagai:

$$m_b \cdot c_b \cdot (T_2 - T_c) = m_{air} \cdot c_{air} \cdot (T_c - T_1) \dots(1)$$

sehingga:

$$C_b = \frac{m_{air} c_{air} (T_c - T_2)}{m_b (T_1 - T_c)}$$

Dengan keterangan yaitu  $m_b$  = massa logam (gram),  $m_{air}$  = massa air (gram),  $c_{air} = 1$  kal/g°C,  $c_b$  = kalor jenis logam (kal/g°C),  $T_1$  = suhu awal logam (°C),  $T_2$  = suhu awal akhir (°C), dan  $T_c$  = suhu dkesetimbangan (°C), pada persamaan ini kalorimeter diabaikan untuk mempermudah perhitungan. Berdasarkan data hasil pengamatan dan substitusi ke dalam persamaan di atas diperoleh nilai:  $c_{kuningan} \approx 0,16$  kal/g°C,  $c_{aluminium} \approx 0,42$  kal/g°C, dan  $c_{tembaga} \approx 0,13$  kal/g°C.

Hasil menunjukkan bahwa aluminium memiliki kalor jenis tertinggi, sesuai dengan hasil reset dalam penelitian (Dwijaji, 2023; Khusnarini *et al.* 2024), yang menyimpulkan bahwa bahan dengan struktur atom lebih ringan umumnya memiliki kapasitas panas yang lebih tinggi karena pergerakan atomnya lebih responsif terhadap perubahan energi termal. Menurut Aini *et al.* (2024), hal ini dapat disebabkan oleh kehilangan panas ke udara atau air yang belum mencapai keetimbangan termal sempurna.



**Gambar 1.** Pemanasan Awal Logam (Kuningan, Aluminium, dan Tembaga)

Menurut Nurfachri *et al.* (2025), nilai kalor jenis teoritis logam adalah: tembaga  $0,39 \text{ J/g}^\circ\text{C} \approx (0,093 \text{ kal/g}^\circ\text{C})$ , aluminium  $0,90 \text{ J/g}^\circ\text{C} \approx (0,22 \text{ kal/g}^\circ\text{C})$ , dan kuningan  $0,38 \text{ J/g}^\circ\text{C} \approx (0,09 \text{ kal/g}^\circ\text{C})$ . Persentase kesalahan dihitung dengan rumusan rumus  $|\frac{c_{\text{eksp}} - c_{\text{teori}}}{c_{\text{teori}}}| \times 100\%$ , menghasilkan 91% untuk aluminium, 78% untuk kuningan, dan 40% untuk tembaga. Kesalahan utamanya disebabkan oleh kehilangan kalor ke lingkungan selama transfer logam panas ke kalorimeter, karena isolasi kalorimeter kurang optimal dan tidak adanya koreksi suhu lingkungan. Penggunaan termometer analog dengan ketelitian  $0,5^\circ\text{C}$  menyebabkan keterlambatan pembacaan suhu kesetimbangan. Menurut Nurfachri *et al.* (2025), menyatakan bahwa faktor lain termasuk logam yang masih basah setelah pemanasan yang menyebabkan sebagian kalor digunakan untuk menguapkan air serta keterbatasan waktu dan alat laboratorium.



**Gambar 2.** Pengamatan Suhu Logam (Kuningan, Aluminium, dan Tembaga)

Meskipun terdapat beberapa deviasi, hasil pengukuran cukup konsisten antarulang percobaan. Nilai rata-rata tiap logam memiliki selisih kecil antarpengulangan, menunjukkan validitas eksperimen cukup baik. Menurut Nurhidayati *et al.* (2021), hubungan antara massa logam dan perubahan suhu menunjukkan bahwa semakin besar massa logam, maka laju perubahan suhu air cenderung menurun karena kalor tersebar ke lebih banyak partikel. Aluminium, meski bermassa kecil, menghasilkan peningkatan suhu air yang lebih tinggi karena kapasitas panasnya besar. Menurut Putra *et al.* (2024), yang menyebutkan bahwa karakteristik logam menentukan jumlah energi yang dibutuhkan untuk mencapai kesetimbangan suhu.

Dari hasil eksperimen diperoleh nilai kalor jenis rata-rata: kuningan  $0,16 \text{ kal/g}^\circ\text{C}$ , aluminium  $0,42 \text{ kal/g}^\circ\text{C}$ , dan tembaga  $0,13 \text{ kal/g}^\circ\text{C}$ . Nilai ini menunjukkan bahwa aluminium memiliki kapasitas panas paling tinggi di antara ketiganya. Hasil penelitian mendukung asas *Black*, bahwa energi yang dilepas sama dengan energi yang diterima. Penyimpangan kecil dari nilai teoritis disebabkan oleh kehilangan panas ke lingkungan dan keterbatasan alat ukur. Disarankan penggunaan kalorimeter digital terisolasi serta termometer sensor agar pengukuran lebih akurat (Hafiz *et al.*, 2025; Khusnarini *et al.*, 2024).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode kalorimeter berdasarkan asas Black berhasil digunakan untuk menentukan nilai kalor jenis tiga logam, yaitu aluminium, kuningan, dan tembaga. Nilai kalor jenis rata-rata yang diperoleh secara eksperimen adalah  $0,42 \text{ kal/g}^\circ\text{C}$  untuk aluminium,  $0,16 \text{ kal/g}^\circ\text{C}$  untuk kuningan, dan  $0,13 \text{ kal/g}^\circ\text{C}$  untuk tembaga. Hasil ini konsisten dengan urutan nilai teori, di mana aluminium memiliki nilai kalor jenis tertinggi.

Penyimpangan yang terjadi terutama disebabkan oleh kehilangan kalor ke lingkungan dan keterbatasan alat ukur, seperti penggunaan termometer analog dan isolasi kalorimeter yang kurang optimal. Untuk meningkatkan akurasi di masa mendatang, disarankan menggunakan sensor suhu digital dan memperbaiki sistem isolasi termal pada kalorimeter. Metode ini secara keseluruhan terbukti dapat diandalkan untuk menentukan kalor jenis logam asalkan faktor-faktor pengganggu dapat dikendalikan.

### B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, beberapa saran dapat diajukan untuk pengembangan praktikum dan penelitian sejenis. Pertama, penggunaan sensor suhu digital atau sistem akuisisi data berbasis mikrokontroler perlu dipertimbangkan agar pembacaan suhu kesetimbangan lebih cepat, akurat, dan konsisten dengan asumsi asas *Black*. Kedua, isolasi kalorimeter perlu ditingkatkan melalui penambahan lapisan isolator termal sehingga kehilangan kalor ke lingkungan dapat diminimalkan dan nilai kalor jenis yang diperoleh lebih mendekati nilai teoritis. Ketiga, prosedur pemanasan dan pemindahan logam ke dalam kalorimeter sebaiknya distandardisasi, termasuk pengeringan permukaan logam sebelum dimasukkan ke air, untuk mengurangi sumber kesalahan akibat kalor laten penguapan. Keempat, disarankan dilakukan pengulangan percobaan dengan jumlah pengulangan yang lebih banyak dan variasi jenis logam lain, sehingga analisis perbandingan sifat termal material menjadi lebih komprehensif dan relevan untuk pembelajaran fisika di laboratorium.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, I., & Supriyati, Y. (2022). Desain Kuasi Eksperimen Dalam Pendidikan: Literatur Review. *Jurnal Ilmiah Mandala Education*, 8(3), 2476–2482. doi: 10.58258/jime.v8i3.3800
- Aini, T. M., & Yunanto, I. (2024). Efisiensi Termal Cross Section Double Drum Water Tube Boiler Pengaruh Rasio Udara Bahan Bakar Solar Berbasis Water Level Control (AM61-F) pada Produksi Saturated Steam Proses Kontinyu. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 8(2). doi: 10.30588/jeemm.v8i2.1924
- Aisyah, N., Harijanto, A., & Nuraini, L. (2022). Rancang Bangun Alat Praktikum Kalorimeter Coffee-Cup Pengukur Kalor Jenis Berbantuan Arduino Uno. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 11(1), 41–46. doi: 10.19184/jpf.v11i1.28075
- Didik, L. A. (2017). Pengukuran Kalor Jenis Material Menggunakan Modifikasi

- Persamaan Teorema Stefan Boltzman. *Konstan: Jurnal Fisika Dan Pendidikan Fisika*, 2(2), 2020. Retrieved from 339302041\_Pengukuran\_Kalor\_Jenis\_Material\_Menggunakan\_Modifikasi\_Persamaan\_Teorema\_Stefann\_Boltzman
- Falakh, A. E., Widana, S. N., & Kusuma, F. H. (2025). Perbandingan Konduktivitas Termal Logam Besi dan Kuningan Menggunakan Metode Eksperimen Sederhana. *Jurnal Pendidikan Dan Sains Fisika*, 4(1), 6–10. doi: 10.47650/omega.v4i1.2028
- Farida, I., Akbar, G. S., & Aisyah, R. (2020). Designing Calorimeter Made From Various Wastes. *JKPK: Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 5(1), 79–90. doi: 10.20961/jkpk.v5i1.35383
- Galih, V., Putra, V., Purnomosari, E., & Mohamad, J. N. (2020). Developing Heat Rate and Heat Capacity Measurement Instruments of Textile Waste Solution in the Textile Dyeing Process. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi*, 9(2). doi: 10.24042/jipfalbiruni.v9i2.5951
- Hafiz, K. M., Sundari, E., & Annas, A. A. (2025). Desain dan Implementasi Alat Praktikum Kalorimeter Berbasis IOT ( Internet of Things) Modul Esp8266 dengan Menggunakan Aplikasi Blynk. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research Volume*, 5, 42–61. doi: 10.31004/innovative.v5i2.17744
- Handayani, A. I. S., Windasari, N., Putri, O. A. R., Abimanyu, Y., Mahardika, I. K., & Baktiarso, S. (2023). Analisis Literasi Sains Siswa Tentang Perpindahan Kalor Dalam Peristiwa Angin Darat Dan Angin Laut. *PHYDAGOGIC: Jurnal Fisika Dan Pembelajarannya*, 5(2), 92–96. doi: 10.31605/phy.v5i2.2207
- Hartono, Sugito, & Abdullatif, F. (2020). Perubahan kalor jenis campuran bahan mortar dengan penambahan pasir besi. *Jurnal Teras Fisika*, 3(September), 161–164. doi: 10.20884/1.jtf.2020.3.2.3318
- Haurissa, C. J., Ranteallo, O. T., Numberi, J. J., Palamba, P., Karapa, E., & Haurissa, J. (2025). *Characteristics Of Combustion And Physical Properties Of Coffee Grounds And Sago Pulp*. 16(2), 961–971. doi: 10.21776/jrm.v16i2.2139
- Khusnarini, A. D., & Perdana, R. (2024). Penetapan Energi yang Dilepaskan dan Diterima Kalorimeter: Mencari Kepastian Dalam Nilai Kesetaraan Kalor. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Terapannya*, 11(2), 12–16. doi: 10.21831/jifta.v11i2.21345
- Listiaji, P., Dewi, N. R., Amalia, A. V., Amelia, R. N., Widyaningrum, R. A., Ardhani, N. E., & Rahman, N. F. A. (2024). Development of Digital Calorimeter Experiment Kit to Train the Designing Experiments Ability of Pre-Service Science Teacher. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 9(1), 125–134. doi: 10.26737/jipf.v9i1.4739
- Mafruddin, Handono, S. D., Mustofa, Eko, M., & Saputra, R. (2022). Kinerja Bom Kalorimeter Sebagai Alat Ukur Nilai Kalor Bahan Bakar. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro*, 11(1), 125–134. doi: 10.24127/trb.v11i1.2048
- Massa, P. N. D., Kononis, E. P. A., Nathanael, R. A., Iwanto, A., Purba, L. P., & Nurhayati, L. (2025). Penerapan Pengecoran Logam Aluminium Menggunakan Cetakan Alternatif Campuran Silika Dan Bentonit. *Industrial & System Engineering Journals (ISEJOU)*, 3(1), 242–252. doi: 10.37477/isejou.v3i1.737
- Nasution, A. O., Putri, A., Silalahi, R. S., & Noviyanti, A. (2025). Optimalisasi Penerapan Asas Black dalam Proses Pertukaran Kalor melalui Inovasi Material Nanokomposit ( Kajian Literatur dan Perspektif Teknologi Modern ). *Jurnal Matematika, Sains, Dan Pembelajarannya*, 11(1), 183–186. doi: 10.31605/saintifik.v11i1.570
- Noeratifah, D. W. (2024). Analisis Kapasitas Kalor Padatan Pada Kegiatan Laboratorium Virtual Berbantuan Amrita Olabs. *STRING (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*, 9(1). doi: 10.30998/string.v9i1.21758

- Nonti, E. F. R., Mursalin, M., & Latief, M. F. (2024). Transfer Kalor Konduksi Pada Pelat Alumunium 2 Dimensi Dengan Menggunakan Metode Forward Time Central Space (Ftcs). *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(2), 382–391. doi: 10.37478/optika.v8i2.4871
- Nurfachri, D. A., Haeruddin, & Paramitha, I. (2025). Analisis Kalor Jenis Dudongan : Studi Pemanfaatan dalam Pembelajaran Fisika. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 10(1), 140–146. doi: 10.51169/ideguru.v10i1.1440
- Nurhidayati, N., Didik, L. A., & Zohdi, A. (2021). Identifikasi Pencemaran Logam Berat di Sekitar Pelabuhan Lembar Menggunakan Analisa Parameter Fisika dan Kimia. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 18(2), 139. doi: 10.20527/flux.v18i2.9873
- Pardede, E., & others. (2023). Analisa Laju Perpindahan Kalor Pada Alat Penukar Panas Kondensor Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di. PT XYZ. *Jurnal Vokasi Teknik*, 1(01), 46–53. Retrieved from <https://mentech.id/jurnal/index.php/juvotek/issue/view/terkini>
- Potabuga, P. W., Amisan, T. I., Verra, J., & Pawarangan, I. (2025). Rancang Bangun Kalorimeter Digital Berbasis Arduino Uno Dengan Sensor DS18B20 Untuk Pembelajaran Fisika. *Jurnal Fisika: Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 10(2), 33–39. doi: 10.35508/fisa.v10i2.21488
- Prihartono, J., & Irhamsyah, R. (2022). *Analisis Konduktivitas Termal Pada Material Logam (Tembaga, Alumunium dan Besi)*. 24(2), 49–54. Retrieved from <https://ejournal.istn.ac.id/index.php/presisi/article/view/1322>
- Putra, N. A. E., Ferdiyanto, S. A., Qunefi, F., & Adelyadi, J. (2024). Perbandingan Material Superkapasitor Berbasis Karbon dan Oksida Logam untuk Optimalisasi Penyimpanan Energi dalam Aplikasi Sistem Energi Terbarukan: Systematic Literature Review. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 5(3), 60–74. doi: 10.14710/jebt.2024.24858
- Radjawane, M. M., Tinambunan, A., & Jono, S. (2022). *Fisika untuk SMA/MA Kelas XI* (Aslizar (ed.)). Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. Retrieved from <https://buku.kemdikbud.go.id>
- Sardjito, S., & Yuningsih, N. (2021). Penentuan Kapasitas Panas Kalorimeter Bejana Dewar Menggunakan Percobaan Konversi Energi Listrik Menjadi Kalor Sesuai Hukum Joule. *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 5(4), 4–5. Retrieved from <https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/issue/view/194>
- Sidabalok, S., & Setiawan, A. (2024). Perancangan Model Alat Pengukur Suhu Titik Koordinat Ruang 3-Dimensi Berbasis Internet of Things. *Journal Engineering in Industrial System*, 1(1), 83–99. Retrieved from <https://journal.ithb.ac.id/index.php/EIS/article/view/661>
- Siregar, E., Fadilah, R., & Kasmawati. (2023). Sosialisasi Praktikum Fisika Materi Suhu dan Kalor di MAS. *Kalandra : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 02, 161–167. Retrieved from <https://jurnal.radisi.or.id/index.php/JurnalKALANDRA/article/view/31>
- Siswanto, Y., Kadriadi, Wirakusuma, K. W., & Pratama, A. B. (2024). Rancang Bangun Alat Penukar Panas Tipe Pipa Ganda Kajian Aliran Berlawanan Arah. *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(1), 114–121. doi: 10.51510/sinergipolmed.v5i1.1546
- Sugiyono, V. (2009). *Jurus Sakti Menaklukkan Fisika SMA 1, 2, & 3*. PT Kawan Pustaka. Retrieved from <https://books.google.co.id/books?id=o-3tX4gwvfkC>
- Suhada, A. (2023). Analisa Berbagai Jenis Logam Konduktivitas Termal Dengan Menggunakan Aplikasi Solidworks. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]*, 3(5), 256–263. Retrieved from <https://jurnalmahasiswa.umsu.ac.id/index.php/jimt/article/view/2586>
- Wandini Rizky Rora, Bariyah Chaitul, Lubis Aini Habibah, Nur Maulidah Nabila, & Mardhatillah Syafna. (2022). Metode Eksperimen pada Proses Pembelajaran

- Perubahan Wujud Benda pada Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling*, 4(3), 2014–2020. doi: 10.31004/jpdk.v4i3.5006
- Yudhi Chandra Dwiaji. (2023). Pengaruh Variasi Temperatur Perlakuan Panas dan Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanis dan Mikrostruktur Aluminium 2024. *Journal of Applied Mechanical Engineering and Renewable Energy*, 3(2), 69–75. doi: 10.52158/jamere.v3i2.571
- Yuningsih, N., & Sardjito, S. (2021). Aplikasi Koreksi Newton pada Kondisi Suhu Lingkungan Lebih Besar daripada Suhu Kalorimeter (Kasus Penentuan Kalor Lebur Es). *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 12, 810–813. Retrieved from <https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/issue/view/194>