

**OPTIMALISASI PEMBELAJARAN BERBASIS PRAKTIKUM DALAM  
MENINGKATKAN LITERASI SAINS SISWA PADA MATERI SUHU DAN KALOR**Lindasari<sup>1</sup>, Elok Hidayah<sup>2</sup>Email: [lindaipaofficial@gmail.com](mailto:lindaipaofficial@gmail.com)

Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas KH.Mukhtar Syafaat

**Abstrak**

Rendahnya literasi sains siswa Indonesia dalam hasil PISA 2022 menuntut inovasi pembelajaran IPA yang lebih aplikatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan pembelajaran berbasis praktikum guna meningkatkan literasi sains siswa pada materi Suhu dan Kalor. Optimalisasi dilakukan dengan menambahkan tahap evaluasi hasil praktikum yang sistematis, mencakup analisis data, interpretasi bukti ilmiah, dan pengaitan teori sesuai standar PISA. Metode penelitian yang digunakan adalah kuasi eksperimen dengan desain pretest-posttest control group. Sampel penelitian terdiri dari 56 siswa kelas VII MTs Al-Amiriyyah yang dibagi ke dalam kelas eksperimen dan kelas kontrol. Instrumen pengumpulan data berupa tes literasi sains pilihan ganda beralasan yang telah divalidasi. Analisis data dilakukan menggunakan uji-t (Independent Sample T-Test) setelah data dinyatakan normal dan homogen melalui transformasi statistik. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan rata-rata skor posttest yang signifikan antara kedua kelompok ( $p=0,000<0,05$ ). Kelas eksperimen mencapai rata-rata 83,29 (skor transformasi 4,4212), sementara kelas kontrol hanya mencapai 76,32 (skor transformasi 4,3343). Temuan ini membuktikan bahwa pembelajaran berbasis praktikum yang teroptimalkan efektif mendikonstruksi miskonsepsi dan meningkatkan keterampilan proses sains siswa. Disimpulkan bahwa keterlibatan aktif dalam eksperimen konkret mampu menjembatani pemahaman konsep termofisika yang abstrak menuju literasi sains yang kompetitif.

**Kata Kunci** : Literasi Sains, Pembelajaran Berbasis Praktikum, Suhu dan Kalor,

**Abstract**

*The low scientific literacy of Indonesian students in the 2022 PISA results demands more applicable science learning innovations. This study aims to optimize lab-based learning to improve students' scientific literacy in the topic of Temperature and Heat. This optimization was achieved by adding a systematic evaluation stage for lab results, including data analysis, interpretation of scientific evidence, and linking theory to PISA standards. The research method used was a quasi-experimental design with a pretest-posttest control group design. The sample consisted of 56 seventh-grade students at MTs Al-Amiriyyah, divided into an experimental and a control class. The data collection instrument was a validated multiple-choice science literacy test. Data analysis was performed using an Independent Sample T-Test after the data were declared normal and homogeneous through statistical transformation. The results showed a significant difference in average posttest scores between the two groups ( $p=0.000<0.05$ ). The experimental class achieved an average of 83.29 (transformation score of 4.4212), while the control class only achieved 76.32 (transformation score of 4.3343). These findings demonstrate that optimized lab-based learning effectively deconstructs misconceptions and improves students' science process skills. It is concluded that active involvement in concrete experiments can bridge the gap from understanding abstract thermophysical concepts to competitive scientific literacy.*

**Keywords**: Science Literacy, Practical-Based Learning, Temperature and Heat

## **Pendahuluan**

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menuntut setiap individu memiliki kemampuan literasi sains yang memadai untuk menghadapi tantangan kehidupan abad ke-21 (Siregar et al., 2020). Literasi sains mencakup bukan hanya penguasaan konsep-konsep IPA, tetapi juga kemampuan untuk menjelaskan fenomena ilmiah, menafsirkan data, memecahkan masalah, serta menggunakan pengetahuan ilmiah dalam pengambilan keputusan secara kritis dan kontekstual. Literasi sains modern dipahami sebagai kecakapan yang memungkinkan peserta didik tidak hanya memahami prinsip-prinsip dasar sains, tetapi juga menerapkannya dalam kehidupan nyata untuk menyelesaikan persoalan sehari-hari melalui pemikiran reflektif dan berbasis bukti (Ahsani et al., 2024). Kemampuan ini menjadi sangat penting karena masyarakat abad ke-21 hidup dalam lingkungan yang sarat informasi serta perubahan teknologi yang dinamis, sehingga individu perlu memiliki kompetensi ilmiah untuk menilai, memilih, dan menggunakan informasi sains yang tersedia dengan tepat (Aswita et al., 2022).

Penguatan literasi sains di sekolah menengah pertama menjadi salah satu strategi utama untuk membekali siswa dengan keterampilan berpikir kritis, analitis, dan kemampuan pengambilan keputusan berbasis bukti sejak dini, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kesiapan mereka dalam menghadapi tuntutan global dan tantangan di era digital. Studi-studi pendidikan menegaskan pentingnya literasi sains sebagai kompetensi abad ke-21 yang meningkat dalam pembelajaran IPA dan perkembangan siswa secara holistik (Churiroh et al., 2025).

Peningkatan konteks literasi sains di Indonesia menjadi agenda strategis setelah hasil PISA 2022 menunjukkan bahwa kemampuan sains siswa masih berada pada level rendah, yaitu skor 396 dan berada di bawah rata-rata OECD (OECD, 2023). Kondisi ini menandakan perlunya inovasi dalam pembelajaran IPA guna menghasilkan proses belajar yang lebih aktif, bermakna, dan mampu menjembatani pemahaman konsep dengan praktik nyata. Salah satu materi yang sering menimbulkan miskonsepsi pada siswa adalah suhu dan kalor. Materi suhu dan kalor merupakan salah satu konsep dasar fisika yang sangat dekat dengan kehidupan sehari-hari, tetapi sering menjadi kesulitan bagi siswa. Konsep abstrak seperti perpindahan kalor, kapasitas kalor, serta hubungan antara suhu dan energi menjadi tantangan tersendiri apabila pembelajaran dilakukan tanpa kegiatan praktikum (Sari dan Putra, 2021; Yamada et al., 2024).

Penelitian oleh (Ningsih 2021) menunjukkan bahwa pemahaman siswa terhadap materi suhu dan kalor meningkat signifikan ketika mereka terlibat dalam percobaan dan pembelajaran berbasis proyek. Penelitian lain oleh (Hidayati dan Wulandari 2022) mempertegas bahwa konsep kalor yang bersifat abstrak hanya dapat dipahami optimal apabila siswa memperoleh pengalaman melalui kegiatan praktikum yang sistematis. Efektivitas praktikum tersebut sejalan dengan hakikat IPA sebagai proses ilmiah yang menuntut keterampilan observasi, pengukuran, pencatatan data, analisis, dan penarikan kesimpulan.

Praktikum yang dilakukan siswa perlu ditopang oleh tahapan evaluasi yang jelas. Kegiatan eksperimen akan kehilangan nilai pedagogis apabila tidak dilengkapi proses pelaporan, analisis, dan refleksi hasil. Angraini dan Sriyati (2019) menjelaskan bahwa evaluasi merupakan bagian penting dalam proses pembelajaran karena memberikan gambaran jelas tentang tingkat penguasaan konsep dan kemampuan berpikir ilmiah siswa. Pernyataan ini

memperkuat pentingnya tahapan evaluasi dari setiap proses atau tindakan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan individu dalam mempertanggungjawabkan hasil kegiatan yang telah dilalui, termasuk kegiatan pembelajaran, sebagaimana hadits yang diriwayatkan oleh H.R Tirmidzi, yang artinya “Umar bin Khattab R.A berkata: Hendaklah kalian menghisab diri kalian sebelum kalian dihisab, dan hendaklah kalian menimbang diri kalian sebelum kalian ditimbang, dan bersiap-siaplah untuk hari besar ditampakkannya amal.”

Sejumlah penelitian juga melaporkan bahwa pelaksanaan Project Based Learning (PjBL) di sekolah sering hanya menekankan tahap pelaksanaan proyek tanpa memperhatikan kualitas pelaporan hasil praktikum. Studi oleh (Wibowo 2020) menemukan bahwa banyak sekolah telah menerapkan PjBL, tetapi literasi sains siswa tetap rendah karena tidak ada mekanisme pelaporan atau penilaian hasil eksperimen secara mendalam. Kelemahan tersebut membuat siswa hanya berfokus pada penyelesaian proyek fisik tanpa menganalisis kualitas data serta keterkaitannya dengan konsep ilmiah.

Penelitian lain yang mengimplementasikan modul praktikum berbasis inkuiri terbimbing melaporkan adanya peningkatan skor literasi sains siswa pada seluruh indikator, khususnya pada kemampuan menginterpretasikan data dan menjelaskan fenomena ilmiah. Modul praktikum yang digunakan dalam penelitian tersebut dirancang dengan struktur yang menekankan kegiatan pra-praktikum (orientasi masalah dan prediksi), pelaksanaan praktikum, serta pasca-praktikum berupa analisis data dan diskusi keterkaitan hasil dengan teori. Hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa yang belajar menggunakan modul praktikum semacam ini memiliki pemahaman konsep yang lebih mendalam dibandingkan siswa yang mengikuti praktikum konvensional tanpa panduan analisis dan pelaporan yang jelas (Natalia et al., 2016; Herdiana et al., 2021; Aprizanti, 2023).

Temuan di lapangan menunjukkan bahwa kondisi serupa terjadi pada pembelajaran IPA di tingkat SMP. Siswa sudah terbiasa mengikuti pembelajaran yang melibatkan presentasi dan praktikum, tetapi pembelajaran tersebut belum disertai evaluasi hasil praktikum secara menyeluruh. Guru cenderung menilai aktivitas dan produk proyek tanpa menguji kemampuan siswa dalam menginterpretasi data, membuat grafik, menuliskan temuan, atau mempresentasikan hasil ilmiah secara terstruktur. Ketiadaan evaluasi ini menghambat penguatan literasi sains karena siswa tidak memperoleh kesempatan untuk merefleksi proses investigasi dan menarik kesimpulan ilmiah. Studi oleh (Rachmawati 2022) menegaskan bahwa literasi sains rendah meskipun pembelajaran berbasis proyek diterapkan, terutama ketika tahap pelaporan hasil praktikum tidak diintegrasikan dalam pembelajaran. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa efektivitas pembelajaran berbasis praktikum, atau penerapan PjBL sangat dipengaruhi oleh kualitas proses evaluasi.

Sejumlah permasalahan yang telah disebutkan sebelumnya menjadi dasar pelaksanaan penelitian berjudul “Optimalisasi Pembelajaran Berbasis Praktikum dalam Meningkatkan Literasi Sains Siswa SMP pada Materi Suhu dan Kalor”. Optimalisasi yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah pelaksanaan evaluasi hasil praktikum pada materi suhu dan kalor sebagai upaya peningkatan literasi sains siswa. Aspek literasi sains yang akan diamati dan diukur dalam penelitian ini meliputi kemampuan siswa dalam: 1) Menjelaskan fenomena ilmiah terkait konsep suhu dan kalor; 2) Mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah; 3) Menafsirkan data dan bukti secara ilmiah. Ketiga aspek tersebut mengacu pada standar

PISA, dan memenuhi taksonomi bloom (C2-C5). Subjek yang akan diteliti adalah siswa kelas VII MTs Al-Amiriyah Blokagung.

## **Metode**

Metodologi penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain kuasi eksperimen untuk mengamati pengaruh optimalisasi pembelajaran berbasis praktikum terhadap literasi sains siswa pada materi suhu dan kalor. Fokus utamanya terletak pada penambahan tahap evaluasi hasil praktikum yang disusun berdasarkan standar PISA, mencakup analisis data, interpretasi bukti, dan pengaitan teori. Penelitian ini dilaksanakan di MTs Al Amiriyyah selama empat bulan, mulai Januari hingga April 2026, dengan melibatkan kelas kontrol (praktikum konvensional) dan kelas eksperimen (praktikum dengan evaluasi optimal). Pemilihan sampel dilakukan melalui teknik *purposive sampling* terhadap siswa kelas VII yang memiliki karakteristik homogen dan fasilitas laboratorium yang mendukung. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah optimalisasi pembelajaran berbasis praktikum, sedangkan variabel terikatnya adalah kemampuan literasi sains siswa yang mencakup aspek menjelaskan fenomena ilmiah hingga menafsirkan bukti ilmiah. Instrumen penelitian berupa tes pilihan ganda dan pilihan ganda beralasan yang sebelumnya telah diuji validitasnya melalui ahli serta uji reliabilitas menggunakan koefisien *Alpha Cronbach*.

Proses pengumpulan data dilakukan secara sistematis melalui *pretest* untuk mengetahui kemampuan awal dan *posttest* untuk melihat hasil setelah perlakuan, yang didukung oleh teknik dokumentasi untuk memperkuat konteks penelitian. Sebelum dilakukan analisis data inti, peneliti melakukan uji normalitas menggunakan *Shapiro-Wilk* atau *Kolmogorov-Smirnov* untuk menentukan jenis statistik yang akan digunakan. Hal ini krusial untuk memastikan apakah analisis selanjutnya akan menggunakan statistik parametrik atau non-parametrik. Analisis data akhir dilakukan dengan mengacu pada klasifikasi skor PISA (tinggi, sedang, rendah) untuk melihat pergeseran kompetensi siswa secara kualitatif. Secara statistik, signifikansi peningkatan diukur menggunakan uji-t berpasangan atau uji *Wilcoxon*, serta penghitungan *N-Gain* untuk menentukan tingkat efektivitas pembelajaran. Melalui kombinasi analisis deskriptif dan inferensial ini, penelitian diharapkan mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai kontribusi praktikum yang teroptimasi terhadap peningkatan literasi sains siswa.

## **Hasil dan Pembahasan**

Pemilihan subjek penelitian yang melibatkan 56 siswa (28 siswa di kelas kontrol dan 28 di kelas eksperimen) didasarkan pada prinsip representasi populasi yang homogen. Kelas VII dipilih karena berada pada masa transisi kognitif yang krusial, di mana siswa mulai beralih dari pemahaman intuitif menuju pemahaman saintifik formal. Jumlah siswa yang seimbang per kelas ini bertujuan untuk memastikan efektivitas manajemen praktikum serta meminimalkan bias statistik agar hasil uji beda memiliki validitas tinggi dalam menggambarkan pengaruh nyata optimalisasi praktikum terhadap literasi sains siswa (Aiman & Caswita, 2022). Materi Suhu dan Kalor dipilih karena karakteristiknya yang kaya akan fenomena abstrak namun dekat dengan pengalaman empiris, meskipun sering kali memicu miskonsepsi kronis pada siswa, seperti kesulitan membedakan suhu dan kalor (Aini & Rahayati, 2021). Melalui optimalisasi praktikum, siswa diajak untuk membedah miskonsepsi tersebut secara sistematis melalui

pengamatan visual langsung terhadap perubahan wujud dan suhu. Hal ini dianggap lebih efektif daripada metode ceramah konvensional karena memberikan pembuktian empiris yang sulit dicapai hanya melalui transmisi informasi satu arah.

Materi ini juga dinilai sangat ideal untuk meningkatkan dimensi literasi sains, khususnya dalam merancang penyelidikan dan menjelaskan fenomena ilmiah. Dengan variabel yang beragam—seperti massa, suhu, dan kalor jenis—siswa dilatih untuk melakukan keterampilan proses sains mulai dari hipotesis hingga penarikan kesimpulan (Nurasih & Kusairi, 2021). Siswa di kelas eksperimen didorong untuk memahami hubungan fungsional dalam rumus  $Q=m \cdot c \cdot \Delta T$  serta prinsip Asas Black secara logis dan aplikatif, bukan sekadar menghafal formula matematis semata. Pemilihan subjek penelitian yang melibatkan 56 siswa (28 siswa di kelas kontrol dan 28 di kelas eksperimen) didasarkan pada prinsip representasi populasi yang homogen. Kelas VII dipilih karena berada pada masa transisi kognitif yang krusial, di mana siswa mulai beralih dari pemahaman intuitif menuju pemahaman saintifik formal. Jumlah siswa yang seimbang per kelas ini bertujuan untuk memastikan efektivitas manajemen praktikum serta meminimalkan bias statistik agar hasil uji beda memiliki validitas tinggi dalam menggambarkan pengaruh nyata optimalisasi praktikum terhadap literasi sains siswa (Aiman & Caswita, 2022).

Terakhir, pemilihan ini didasarkan pada kebutuhan untuk memperbaiki kualitas pembelajaran. Terakhir, pemilihan ini didasarkan pada kebutuhan untuk memperbaiki kualitas pembelajaran sains yang sebelumnya cenderung teoretis dan membosankan. Dengan desain *pretest-posttest control group*, penelitian ini bertujuan membuktikan bahwa inovasi strategi pembelajaran pada materi yang dianggap sulit dapat meningkatkan keterlibatan dan kedalaman pemahaman siswa secara signifikan. Integrasi antara subjek yang homogen dan materi yang kaya fenomena diharapkan memberikan bukti empiris kuat mengenai urgensi praktikum dalam kurikulum sains sekolah menengah (Handayani & Pratama, 2020). sains yang sebelumnya cenderung teoretis dan membosankan. Dengan desain *pretest-posttest control group*, penelitian ini bertujuan membuktikan bahwa inovasi strategi pembelajaran pada materi yang dianggap sulit dapat meningkatkan keterlibatan dan kedalaman pemahaman siswa secara signifikan. Integrasi antara subjek yang homogen dan materi yang kaya fenomena diharapkan memberikan bukti empiris kuat mengenai urgensi praktikum dalam kurikulum sains sekolah menengah (Handayani & Pratama, 2020).

### **Hasil Penelitian**

Deskripsi data penelitian bertujuan untuk memberikan gambaran umum mengenai hasil belajar siswa pada kelas kontrol dan kelas eksperimen sebelum dan sesudah perlakuan diberikan. Data yang dianalisis meliputi nilai pretest dan posttest dari kedua kelompok. Penelitian ini diawali dengan melakukan pengambilan data kemampuan awal (pretest) terhadap 56 subjek yang terbagi secara merata ke dalam kelas eksperimen dan kelas kontrol, masing-masing berjumlah 28 siswa. Berdasarkan analisis deskriptif, diketahui bahwa rata-rata nilai awal kedua kelompok berada pada rentang yang setara, yaitu di kisaran skala 40 hingga 70 dengan nilai rata-rata keseluruhan sebesar 62,500. Data awal ini telah dinyatakan memenuhi kriteria sebaran normal, di mana nilai signifikansi uji Shapiro-Wilk menunjukkan angka di atas 0,05, serta dipertegas oleh nilai simpangan baku sebesar 5,783 yang mencerminkan variabilitas kemampuan siswa yang cenderung homogen. Kondisi awal yang seimbang ini sangat krusial

dalam penelitian eksperimen untuk memastikan bahwa hasil akhir yang diperoleh nantinya murni merupakan dampak dari perlakuan pembelajaran, bukan disebabkan oleh perbedaan kecerdasan awal subjek.

Setelah diberikan intervensi berupa optimalisasi pembelajaran berbasis praktikum pada materi Suhu dan Kalor, dilakukan pengambilan data akhir (posttest) untuk mengukur sejauh mana peningkatan literasi sains siswa terjadi. Hasil olah data SPSS menunjukkan transformasi yang sangat signifikan pada kelas eksperimen yang mencapai nilai rata-rata 83,29, sementara kelas kontrol yang menggunakan metode konvensional hanya mencapai rata-rata 76,32. Keunggulan kelas eksperimen ini divalidasi melalui uji Independent Sample T-Test yang menghasilkan nilai signifikansi sebesar 0,000, yang berarti hipotesis penelitian diterima dengan tingkat kepercayaan yang sangat tinggi. Peningkatan skor yang konsisten di kelas eksperimen membuktikan bahwa penggunaan alat praktikum secara intensif mampu menjembatani pemahaman siswa dari konsep-konsep termofisika yang abstrak menjadi pengalaman belajar yang konkret dan aplikatif, sehingga efektif dalam mendongkrak skor literasi sains secara menyeluruh.

Data di bawah merupakan data normalitas yang sudah ditransformasikan karena data tidak homogen, sehingga adanya uji normalitas dan homogen yang baru agar bisa di lanjutkan ke uji T.

### 1. Uji normalitas

#### a. Hipotesis :

$H_0$  : Data pada masing-masing kelas (eksperimen dan kontrol) berdistribusi normal

$H_0$  : Data pada masing-masing kelas (eksperimen dan kontrol) tidak berdistribusi normal

#### Stat Uji

Kelas	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
Eksperimen	.101	28	.200*	.966	6	.474
Kontrol	.082	28	.200*	.981	6	.866

#### b. Keputusan

##### K-Smirnov :

**Tolak  $H_0$**  apabila nilai sig.  $\leq 0.05$ , dan **Terima  $H_0$**  apabila nilai sig.  $> 0.05$

Perlakuan	Sig.	Keputusan thd $H_0$
Eksperimen	.200*	<b>Terima</b>
Kontrol	.200*	<b>Terima</b>

##### Saphiro Wilk

**Tolak  $H_0$**  apabila nilai sig.  $\leq 0.05$ , dan **Terima  $H_0$**  apabila nilai sig.  $> 0.05$

Perlakuan	Sig.	Keputusan thd $H_0$
Eksperimen	.474	<b>Terima</b>
Kontrol	.866	<b>Terima</b>

### c. Kesimpulan

**K-Smirnov** : Dengan tingkat kepercayaan 95% dapat disimpulkan bahwa data pada kedua kelas (Eksperimen dan Kontrol) berdistribusi normal.

**Saphiro Wilk** : Dengan tingkat kepercayaan 95% dapat disimpulkan bahwa data pada kedua kelas (Eksperimen dan Kontrol) berdistribusi normal.

Berdasarkan hasil analisis statistik yang disajikan, dapat ditarik kesimpulan bahwa data literasi sains pada kedua kelompok penelitian memenuhi asumsi normalitas. Hasil pengujian menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov* menunjukkan nilai signifikansi sebesar **0,200** untuk kelas eksperimen maupun kontrol, yang berarti nilai tersebut lebih besar dari ambang batas **0,05**. Konsistensi hasil juga terlihat pada uji *Shapiro-Wilk* dengan perolehan nilai signifikansi sebesar **0,474** untuk kelas eksperimen dan **0,866** untuk kelas kontrol. Sesuai dengan kriteria pengambilan keputusan yang ditetapkan, karena seluruh nilai signifikansi lebih besar dari **0,05**, maka hipotesis nol ( $H_0$ ) diterima. Dengan demikian, pada tingkat kepercayaan **95%**, dapat disimpulkan secara meyakinkan bahwa data pada kelas eksperimen dan kelas kontrol berdistribusi normal. Terpenuhinya prasyarat normalitas ini memberikan landasan metodologis yang kuat untuk melanjutkan analisis data menggunakan statistik parametrik guna menguji efektivitas perlakuan yang diberikan.

## 2. Uji Homogenitas yang di transformasikan

### a. Hipotesis :

$H_0$  : Data pada masing-masing kelas (eksperimen dan kontrol) adalah homogen

$H_0$  : Data pada masing-masing kelas (eksperimen dan kontrol) adalah tidak homogen

### b. Stat Uji

	Levene Statistic	df1	Df2	Sig.
Based on Mean	2.523	1	54	.118
Based on Median	2.551	1	54	.116
Based on Median and with adjusted df	2.551	1	52.904	.116
Based on trimmed mean	2.524	1	54	.118

### c. Keputusan

**Tolak**  $H_0$  apabila nilai sig.  $\leq 0.05$ , dan **Terima**  $H_0$  apabila nilai sig.  $> 0.05$

Based on Mean Sig (0.118)  $> 0.05$ , Maka **Terima**  $H_0$

### d. Kesimpulan

Dengan tingkat kepercayaan 95% dapat disimpulkan bahwa data pada kedua kelas (Eksperimen dan Kontrol) bersifat homogen.

Berdasarkan hasil analisis uji homogenitas varians menggunakan *Levene's Test* yang disajikan, dapat ditarik kesimpulan statistik yang kuat mengenai kesetaraan varians kelompok penelitian. Pengujian ini dilakukan untuk menguji hipotesis nol ( $H_0$ ) yang menyatakan bahwa data pada kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki varians yang homogen. Berdasarkan nilai signifikansi (*Based on Mean*) yang diperoleh sebesar **0,118**, hasil tersebut menunjukkan angka yang lebih besar dari ambang batas signifikansi yang ditetapkan, yaitu **0,05** ( $0,118 > 0,05$ ). Sesuai dengan kriteria pengambilan keputusan yang berlaku, karena nilai signifikansi lebih besar dari **0,05**, maka keputusan statistik yang diambil

adalah **menerima H<sub>0</sub>**. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data pada masing-masing kelas (eksperimen dan kontrol) adalah **homogen**. Terpenuhinya asumsi homogenitas ini menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki variabilitas data yang setara, sehingga memenuhi syarat prasyarat analisis untuk melanjutkan pengujian hipotesis menggunakan statistik parametrik, yaitu uji t (*t-test*), secara valid dan reliabilitas.

### 3. Uji Hipotesis

Uji hipotesis dalam penelitian ini merupakan langkah krusial untuk membuktikan secara empiris apakah terdapat pengaruh signifikan dari perlakuan optimalisasi praktikum terhadap literasi sains siswa pada materi Suhu dan Kalor. Pengujian dilakukan menggunakan analisis statistik parametrik berupa uji t (*Independent Sample T-test*) untuk membandingkan rata-rata skor *posttest* antara kelas kontrol dan kelas eksperimen. Pemilihan instrumen uji t ini didasarkan pada hasil uji prasyarat yang telah terpenuhi, di mana data terbukti berdistribusi normal dengan nilai signifikansi Shapiro-Wilk di atas 0,05. Selain itu, berdasarkan data terbaru yang menunjukkan nilai signifikansi *Levene's Test* sebesar 0,118, varians antar kelompok dinyatakan homogen. Oleh karena itu, analisis data dilanjutkan dengan menggunakan asumsi *equal variances assumed*. Dengan terpenuhinya seluruh kriteria formal ini, hasil uji t yang diperoleh dapat dianggap valid dan reliabel untuk menarik kesimpulan ilmiah mengenai efektivitas model pembelajaran yang diterapkan dalam meningkatkan capaian hasil belajar siswa secara signifikan.

Adapun rumusan hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- H<sub>0</sub> (Hipotesis nol): Tidak terdapat pengaruh perlakuan terhadap hasil belajar siswa.
- H<sub>a</sub> (Hipotesis alternatif): Terdapat pengaruh perlakuan terhadap hasil belajar siswa.

Kriteria pengambilan keputusan adalah sebagai berikut:

- Jika nilai signifikansi (Sig.) < 0,05, maka H<sub>0</sub> ditolak dan H<sub>a</sub> diterima
- Jika nilai signifikansi (Sig.) > 0,05, maka H<sub>0</sub> diterima dan H<sub>a</sub> ditolak

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal Variances Assumed	2.523	.118	7.545	54	.000	.08690	.01152	.06381	.10999
Equal Variances not Assumed			7.545	51.084	.000	.08690	.01152	.06378	.11002

Berdasarkan hasil uji hipotesis menggunakan *Independent Sample T-Test*, dapat ditarik sebuah simpulan yang komprehensif mengenai efektivitas perlakuan yang diberikan dalam penelitian ini. Pengujian ini bertujuan untuk memverifikasi hipotesis nol (H<sub>0</sub>) yang menyatakan tidak adanya perbedaan rata-rata antara kedua kelompok. Merujuk pada tabel statistik uji t,

diperoleh nilai signifikansi (*Sig. 2-tailed*) sebesar **0,000**. Karena nilai signifikansi tersebut jauh lebih kecil dari ambang batas **0,05**, maka secara statistik keputusan yang diambil adalah **menolak H<sub>0</sub>** dan **menerima H<sub>a</sub>**. Hal ini membuktikan secara meyakinkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol pada tingkat kepercayaan 95%. Secara deskriptif, capaian rata-rata kelas eksperimen tercatat sebesar **4,4212**, yang secara nyata lebih tinggi dibandingkan rata-rata kelas kontrol sebesar **4,3343**. Perbedaan nilai ini menunjukkan bahwa optimalisasi pembelajaran berbasis praktikum memberikan dampak positif yang nyata. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa intervensi pada kelas eksperimen berpengaruh signifikan dalam meningkatkan hasil belajar siswa dibandingkan dengan metode konvensional pada materi Suhu dan Kalor.

### **Pembahasan**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa optimalisasi pembelajaran berbasis praktikum memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan literasi sains siswa pada materi Suhu dan Kalor. Berdasarkan data posttest yang telah ditransformasi, kelas eksperimen mencapai rata-rata skor 4,4212, yang secara statistik lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol dengan skor 4,3343. Temuan ini diperkuat oleh nilai signifikansi uji-t sebesar 0,000 ( $p < 0,05$ ), yang menegaskan bahwa perbedaan tersebut bukan terjadi secara kebetulan. Peningkatan ini terjadi karena praktikum memungkinkan siswa untuk mengobservasi fenomena termofisika secara langsung, sehingga konsep yang sebelumnya abstrak menjadi lebih konkret. Hal ini selaras dengan penelitian Handayani & Pratama (2020) yang menyatakan bahwa integrasi kegiatan laboratorium dalam kurikulum sains mampu meningkatkan keterlibatan kognitif siswa secara mendalam dibandingkan metode ceramah. Melalui interaksi aktif dengan alat peraga di MTs Al-Amiriyah, siswa tidak hanya menghafal rumus, tetapi memahami esensi dari perpindahan kalor, yang merupakan fondasi utama dalam kompetensi literasi sains abad ke-21.

Data hasil penelitian menggambarkan transformasi pemahaman konsep yang signifikan pada kelas eksperimen. Sebelum intervensi, siswa sering mengalami miskonsepsi dalam membedakan suhu dan kalor, namun melalui praktikum, mereka dapat melihat bagaimana termometer merespons energi panas secara visual. Dalam sesi wawancara, beberapa siswa mengungkapkan bahwa pengamatan langsung pada perubahan wujud zat membantu mereka memahami hubungan fungsional antar variabel dalam rumus  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ . Pengalaman empiris ini menjembatani kesenjangan antara teori buku teks dengan realitas fisik. Menurut Aini & Rahayati (2021), materi Suhu dan Kalor sangat ideal untuk diajarkan melalui eksperimen karena karakteristiknya yang kaya akan fenomena yang dekat dengan kehidupan sehari-hari namun memerlukan pembuktian saintifik. Dengan demikian, optimalisasi praktikum berfungsi sebagai alat dekonstruksi miskonsepsi yang efektif, memungkinkan siswa di kelas eksperimen untuk membangun struktur pengetahuan yang lebih akurat dan bertahan lama dalam memori jangka panjang mereka.

Optimalisasi praktikum di MTs Al-Amiriyah juga terbukti efektif dalam mengasah keterampilan proses sains siswa, yang merupakan dimensi penting dalam literasi sains. Siswa dilatih untuk merumuskan hipotesis, mengontrol variabel, serta menarik kesimpulan berdasarkan data hasil percobaan mencampur air (Asas Black). Kemampuan ini meningkat secara drastis pada kelas eksperimen karena mereka didorong untuk menjadi subjek aktif dalam penyelidikan, bukan sekadar penerima informasi pasif. Berdasarkan observasi selama

penelitian, siswa menunjukkan antusiasme tinggi saat melakukan manipulasi variabel massa dan kalor jenis. Nurasih & Kusairi (2021) menekankan bahwa kompleksitas variabel pada materi Suhu dan Kalor sangat efektif untuk melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi jika dikelola melalui metode praktikum yang terstruktur. Hal ini menunjukkan bahwa penyediaan ruang eksplorasi di laboratorium memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna, di mana siswa belajar untuk berpikir seperti ilmuwan dalam memecahkan masalah-masalah fenomena panas secara logis dan sistematis.

Perbandingan capaian antara kelas eksperimen dan kelas kontrol memberikan bukti kuat mengenai keterbatasan metode konvensional dalam mengakomodasi kebutuhan literasi sains siswa modern. Kelas kontrol, yang cenderung menggunakan metode ceramah, menunjukkan peningkatan yang lebih lambat dengan skor rata-rata posttest yang lebih rendah. Hal ini disebabkan karena siswa di kelas kontrol hanya mendapatkan representasi simbolik dan verbal dari konsep suhu dan kalor, tanpa adanya visualisasi konkret melalui eksperimen. Hasil wawancara dengan siswa di kelas kontrol menunjukkan adanya kejenuhan karena materi dianggap terlalu teoretis dan penuh dengan hafalan rumus yang abstrak. Aiman & Caswita (2022) menjelaskan bahwa siswa pada jenjang sekolah menengah berada pada masa transisi kognitif yang memerlukan objek konkret untuk memahami konsep formal. Ketidakhadiran aktivitas laboratorium membuat siswa kesulitan menginternalisasi prinsip-prinsip fisika secara mendalam, sehingga performa akademik mereka tertinggal dibandingkan kelas yang mendapatkan perlakuan praktikum yang dioptimalisasi secara sistematis.

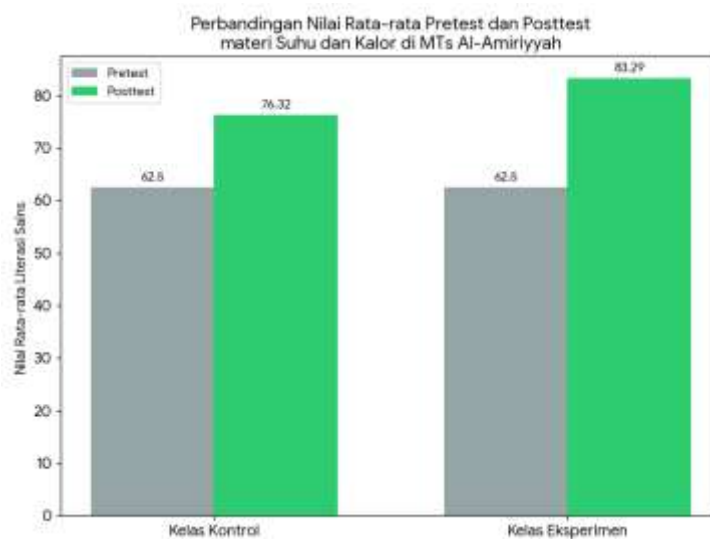
Keberhasilan kelas eksperimen dalam mencapai skor literasi sains yang lebih tinggi sangat erat kaitannya dengan penerapan teori belajar konstruktivisme. Dalam praktikum ini, siswa membangun pengetahuan mereka sendiri melalui interaksi dengan alat praktikum dan diskusi kelompok. Guru berperan sebagai fasilitator yang mengarahkan proses inkuiri, sementara siswa aktif melakukan eksplorasi. Berdasarkan temuan di lapangan, proses akomodasi dan asimilasi pengetahuan baru terjadi saat siswa membandingkan hasil prediksi awal mereka dengan data riwayat suhu yang mereka catat sendiri. Handayani & Pratama (2020) menyatakan bahwa pembelajaran yang berpusat pada siswa melalui kegiatan laboratorium mampu menciptakan kemandirian belajar yang lebih tinggi. Di MTs Al-Amiriyyah, suasana kolaboratif di laboratorium memicu dialog saintifik antar siswa, yang memperkuat pemahaman mereka terhadap hukum kekekalan energi. Hal ini membuktikan bahwa pendekatan konstruktivistik yang diimplementasikan melalui praktikum tidak hanya meningkatkan nilai kognitif, tetapi juga membentuk sikap ilmiah yang positif pada diri siswa.

Deskripsi lokasi penelitian di MTs Al-Amiriyyah, yang memiliki latar belakang pesantren, memberikan dimensi unik terhadap hasil penelitian ini. Meskipun madrasah ini memiliki tradisi pendidikan yang kuat dengan kurikulum diniyyah, keterbukaan terhadap inovasi teknologi dan metode pembelajaran sains modern memberikan dukungan yang besar bagi keberhasilan penelitian. Dukungan dari pihak sekolah dalam menyediakan fasilitas laboratorium serta manajemen kelas yang baik (28 siswa per kelas) memastikan setiap subjek penelitian mendapatkan perhatian yang optimal selama sesi praktikum. Hasil wawancara dengan guru IPA menunjukkan bahwa optimalisasi praktikum ini dianggap sebagai terobosan untuk mengubah persepsi siswa bahwa sains adalah materi yang sulit. Aini & Rahayati (2021) mencatat bahwa dukungan institusional terhadap pembaruan metode mengajar sangat

menentukan keberhasilan implementasi kurikulum sains. Lingkungan belajar yang suportif di MTs Al-Amiriyyah terbukti mampu mensinergikan pendidikan karakter berbasis madrasah dengan pengembangan literasi sains yang kompetitif di tingkat nasional.

Kekuatan temuan penelitian ini didorong oleh pemenuhan uji prasyarat analisis yang sangat ketat, mulai dari uji normalitas hingga homogenitas. Penggunaan transformasi logaritma natural (Ln) dilakukan karena data awal menunjukkan varians yang tidak homogen, sebuah langkah metodologis yang diambil untuk menjaga integritas hasil uji-t. Setelah transformasi, data terbukti normal (Shapiro-Wilk  $p > 0,05$ ) dan homogen (Levene's Test  $p = 0,118$ ), sehingga penggunaan Independent Sample T-Test dengan asumsi equal variances assumed menjadi sangat valid. Ketelitian statistik ini memastikan bahwa perbedaan rata-rata antara kelas eksperimen (4,4212) dan kelas kontrol (4,3343) adalah nyata dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Menurut Nurasih & Kusairi (2021), validitas statistik dalam penelitian pendidikan IPA sangat krusial untuk memastikan bahwa kesimpulan yang ditarik benar-benar merepresentasikan efektivitas intervensi. Keakuratan prosedur statistik ini memberikan jaminan bahwa peningkatan literasi sains siswa murni dihasilkan dari perlakuan praktikum, bukan dari bias sampling atau kesalahan prosedur pengolahan data.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memberikan implikasi praktis yang luas bagi pengembangan strategi pembelajaran sains di madrasah. Optimalisasi praktikum terbukti mampu meningkatkan hasil belajar secara signifikan pada materi yang dianggap sulit seperti Suhu dan Kalor. Temuan ini merekomendasikan agar sekolah-sekolah mulai menggeser paradigma pembelajaran dari yang bersifat teoretis-tekstual menuju praktis-kontekstual. Peneliti melihat bahwa antusiasme siswa yang tinggi selama praktikum adalah indikator kesiapan mereka untuk menerima tantangan sains yang lebih kompleks. Berdasarkan wawancara akhir, guru diharapkan lebih kreatif dalam merancang alat praktikum sederhana jika menemui keterbatasan fasilitas laboratorium. Aiman & Caswita (2022) menegaskan bahwa adaptabilitas guru dalam mengimplementasikan metode praktikum adalah kunci utama dalam menghadapi dinamika pendidikan IPA. Hasil penelitian di MTs Al-Amiriyyah ini diharapkan menjadi referensi bagi pendidik sains lainnya untuk terus melakukan inovasi metode praktikum demi mencetak generasi yang memiliki literasi sains kuat dan adaptif terhadap kemajuan teknologi di masa depan.



### **Analisis Visual Berdasarkan Grafik:**

- a) **Keseimbangan Kemampuan Awal:** Grafik menunjukkan bahwa nilai rata-rata *pretest* untuk kedua kelas berada pada angka yang setara, yaitu **62,5**. Hal ini membuktikan secara visual bahwa subjek penelitian memiliki titik awal yang seimbang sebelum diberikan perlakuan.
- b) **Signifikansi Peningkatan:** Terdapat kenaikan skor yang mencolok pada kedua kelas setelah intervensi. Namun, kelas eksperimen menunjukkan lonjakan yang lebih tinggi mencapai nilai **83,29**, dibandingkan dengan kelas kontrol yang hanya mencapai **76,32**.
- c) **Efektivitas Praktikum:** Selisih peningkatan (*gain*) yang lebih besar pada bar hijau kelas eksperimen memberikan gambaran visual yang jelas mengenai efektivitas optimalisasi pembelajaran berbasis praktikum dalam mendongkrak literasi sains siswa di MTs Al-Amiriyyah.

### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis data, dapat disimpulkan bahwa optimalisasi pembelajaran berbasis praktikum secara empiris efektif dalam meningkatkan kemampuan literasi sains siswa pada materi Suhu dan Kalor. Hal ini dibuktikan dengan perolehan nilai rata-rata posttest kelas eksperimen sebesar 83,29 yang secara signifikan mengungguli kelas kontrol dengan rata-rata 76,32. Hasil uji Independent Sample T-test yang menunjukkan nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) sebesar 0,000 ( $p < 0,05$ ) mempertegas adanya perbedaan rata-rata yang sangat nyata, sehingga perlakuan praktikum sistematis dinyatakan jauh lebih efektif dibandingkan metode ceramah konvensional. Selain itu, seluruh temuan ini didukung oleh keakuratan prasyarat analisis data yang ketat, di mana data terbukti berdistribusi normal melalui uji Shapiro-Wilk (Sig.  $> 0,05$ ) dan memiliki varians yang homogen setelah proses transformasi data, sehingga hasil pengujian hipotesis dalam penelitian ini memiliki tingkat validitas serta reliabilitas yang sangat tinggi.

Melalui kegiatan praktikum, siswa mampu menjembatani pemahaman dari konsep abstrak menuju pengalaman empiris yang konkret. Hal ini membantu siswa mengatasi miskonsepsi kronis pada materi Suhu dan Kalor, terutama dalam membedakan antara derajat panas (suhu) dan energi yang berpindah (kalor). Penerapan metode praktikum di MTs Al-Amiriyyah berhasil mengubah paradigma belajar menjadi lebih aktif dan konstruktivistik. Siswa tidak hanya menghafal rumus, tetapi terampil dalam merancang penyelidikan, mengontrol variabel, dan menjelaskan fenomena ilmiah secara logis sesuai dengan prinsip-prinsip literasi sains.

### **Daftar Pustaka**

- Ahsani E.L.F. (2024) Literasi sains inklusif berbasis kearifan lokal. Semarang: Cahaya Ghani Recvery.
- Aiman, U., & Caswita, C. (2022). Analisis Kemampuan Literasi Sains Siswa SMP pada Materi Suhu dan Kalor. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 23(1), 45-56.
- Aini, N., & Rahayati, Y. (2021). Optimalisasi Laboratorium IPA dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Siswa Madrasah. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 12(2), 112-125.

- Andriani, S. (2023). The need for implementation of guided inquiry in the development of electronic modules (e-modules) to improve students' scientific literacy. *AIP Conference Proceedings*.
- Andriani, S. (2023). The need for implementation of guided inquiry in the development of electronic modules (e-modules) to improve students' scientific literacy. *AIP Conference Proceedings*.
- Andriani, S. A., Sukarmin, dan Masykuri. (2021). Development of electronic modules (E-modules) based on guided inquiry on temperature and heat materials to improve students' science literacy. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(Special Issue).
- Andriani, S. A., Sukarmin, dan Masykuri. (2021). Development of electronic modules (E-modules) based on guided inquiry on temperature and heat materials to improve students' science literacy. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(Special Issue).
- Arikunto, S. (2019). *Prosedur penelitian: Suatu pendekatan praktik (Edisi revisi)*. Rineka Cipta.
- Azwar, S. (2020). *Reliabilitas dan validitas (Edisi 5)*. Pustaka Pelajar. Cahyaningtyas, C. D., Fatma, E., Rianto, P. A., Nuha, U., Wahyuni, S., Citra, A. A., dan Shofiyah, N. (2024). Exploring science attitudes, misconceptions, and temperature correlations. *Indonesian Journal of Education Methods Development*, 19(2), 1–13.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*
- Creswell, J. W., dan Guetterman, T. C. (2019). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research (6th ed.)*. Pearson.
- dan Yusmar, F. (2023). Analisis miskonsepsi siswa SMP pada materi konsep suhu dan kalor. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 15(1), 71–75.
- Daryanto. (2020). *Media pembelajaran: Peranannya sangat penting dalam mencapai tujuan pembelajaran (Edisi revisi)*. Gava Media.
- Fadilah, H., Hamdani, D., dan Purwanto, A. (2021). Pengembangan modul suhu dan kalor dengan pendekatan saintifik untuk melatih literasi sains peserta didik di SMA. *Jurnal Kumbaran Fisika*, 4(3), 185–192. *Ejournal Universitas Bengkulu*
- Fajrina, S., Nulhakim, L., dan Taufik, A. N. (2022). Pengembangan instrumen performance assessment praktikum untuk mengukur keterampilan proses sains (KPS) siswa SMP kelas VIII pada tema "Makananku Kesehatanku". *PENDIPA Journal of Science Education*, 6(1), 105–112. *Journal on Education*
- Farida, S. N., Sudarti, dan Anggraeni, F. K. A. (2022). Analisis keterampilan proses sains siswa dalam pembelajaran suhu dan kalor melalui metode praktikum. *FONDATIA*, 6(1), 90–103. *Journal on Education*
- Field, A. (2024). *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics (6th ed.)*. SAGE.
- Fuadi, H., Robbia, A. Z., Jamaluddin, dan Jufri, A. W. (2020). Analisis faktor penyebab rendahnya kemampuan literasi sains peserta didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5(2), 108–116.
- Ghozali, I. (2018). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 25*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro. (Referensi metodologi untuk uji prasyarat).
- Ghozali, I. (2021). *Aplikasi analisis multivariate dengan program IBM SPSS (Edisi 10)*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74.
- Handayani, S., & Pratama, H. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Praktikum terhadap Literasi Sains dan Sikap Ilmiah Siswa. *Jurnal Eksperimen Pendidikan IPA*, 8(3), 201-215.

- Handayani, Y., Rahmawati, Sultan, A. D., Fiskawarni, T. H., Andriani, A. A., dan Widiasih. (2025). Developing and validating digital e-module oriented on science literacy using flipbook platform on heat and temperature topic. *Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA IKIP Mataram*, 13(3), 848–868.
- Innatesari, D. K., Sajidan, Sukarmin, dan Hanggawati, R. S. (2020). GIL-based heat and temperature module: Empowering scientific inquiry literacy of junior high school students. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al- Biruni*, 9(2), 195–206.
- Kemendikbudristek. (2022). Panduan pembelajaran dan asesmen: Kurikulum Merdeka. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Kristyowati, R., dan Purwanto, A. (2019). Pembelajaran literasi sains melalui pemanfaatan lingkungan. *Scholaria: Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 9(2), 183–191.
- Nurasih, S., & Kusairi, S. (2021). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika Berbasis Inkuiri Terbimbing pada Materi Suhu dan Kalor untuk Meningkatkan Literasi Sains. *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*, 15(1), 34-48.
- Nurulfajri, H. (2024). Optimizing physics learning with PhET simulation to improve students' learning outcomes on heat and temperature. *JPIF (Jurnal Pendidikan Islam dan Fisika)*, 4(2).
- OECD. (2019). PISA 2018 assessment and analytical framework. OECD Publishing.
- OECD. (2023). PISA 2022 assessment and analytical framework. OECD Publishing.
- OECD. (2023). PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education. OECD Publishing.
- Purwati, P., Darwis, R., dan Natsir, N. A. (2025). Efektivitas laboratorium virtual IPA dalam meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik kelas VII pada materi suhu dan kalor. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 15(1), 322–330.
- Saputri, N. M. I. (2025). Innovation of guided inquiry IPA module using PhET simulation (kajian/pengembangan terkait topik suhu dan kalor). COMPTON.
- Setiani, A. (2021). Persepsi peserta didik terhadap LKPD terintegrasi STEM pada materi suhu dan kalor. *Jurnal (Undiksha)*.
- Sugiyono. (2019). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Alfabeta.
- Sugiyono. (2019). Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, R&D. Bandung: Alfabeta. (Referensi metodologi untuk uji-t dan normalitas).
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., Semmel, M. I. (1974). Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook. Indiana University.
- Wahyuni, S. (2022). Pengembangan E-LKPD berbasis STEM pada materi suhu dan kalor (untuk capaian keterampilan/hasil belajar). *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*.
- Wieman, C., Adams, W., dan Perkins, K. (2010). Teaching physics using PhET simulations. *The Physics Teacher*, 48(4), 225–227.
- Wijaya, I. K. W. B. (2025). Penggunaan laboratorium virtual dalam pembelajaran IPA (tinjauan/implementasi).
- Yolanda, Y. (2025). Peningkatan literasi sains siswa melalui pembelajaran suhu dan kalor berbantuan LMS dan PhET (LKPD eksperimen). PASCAL.