



Analysis of Students' Difficulties in Understanding Black's Principle in Physics Education

Apriyanti Masara^{1*}, Justiciya Martan Gunantiani², Silmi Maulani Rohman²

¹SDN 1 Mekarsari Tangerang

Jl. Pd. Cikurus, Mekarsari, Kec. Rajeg, Kabupaten Tangerang
Banten, Indonesia

²Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Pendidikan Islam dan Keguruan

Universitas Garut, Indonesia
Jl. Raya Samarang No. 52A, Garut.

*e-mail: mapriyanti13@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.52434/jpif.v4i2.1583>

Accepted: December 6, 2024 Approved: December 20, 2024 Published: December 31, 2024

ABSTRACT

Conceptual understanding is a fundamental aspect of physics education. However, Black's Principle, which relates to heat transfer and thermal equilibrium, often poses challenges for students. This study aims to identify students' difficulties in understanding this concept at a Madrasah Aliyah in Garut Regency. This research utilized a case study approach involving 16 eleventh-grade students and their physics teacher as key participants. Data were collected through classroom observations, interviews, questionnaires, and conceptual understanding tests, then analyzed thematically and using descriptive statistics. The results indicate that only 35% of students correctly understood Black's Principle before implementing interactive learning methods, but this increased to 76% after the intervention. The main obstacles identified included misconceptions about heat transfer, the dominance of lecture-based teaching methods, and the limited use of experiments and technology-based learning media. This study recommends the integration of simple experiments, digital simulations, and discussion-based problem-solving approaches to enhance students' comprehension. The findings provide valuable insights for educators in developing more interactive and exploratory teaching strategies in physics education.

Keywords: *Black's Principle, conceptual understanding, experimental learning, heat transfer, misconceptions*

Analisis Kesulitan Siswa dalam Memahami Konsep Asas Black pada Pembelajaran Fisika

ABSTRAK

Pemahaman konsep merupakan aspek fundamental dalam pembelajaran fisika. Namun, konsep Asas Black, yang berkaitan dengan perpindahan kalor dan kesetimbangan termal, sering kali menjadi tantangan bagi siswa. Penelitian ini bertujuan untuk mengungkap kesulitan siswa dalam memahami konsep tersebut di salah satu madrasah aliyah di Kabupaten Garut. Menggunakan pendekatan studi kasus, penelitian ini melibatkan 16 siswa kelas XI dan seorang guru fisika sebagai partisipan utama. Data dikumpulkan melalui observasi kelas, wawancara, kuisioner, serta analisis tes pemahaman konsep, kemudian dianalisis secara tematik dan menggunakan statistik deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebelum penerapan metode pembelajaran berbasis interaktif, hanya 35% siswa yang memahami konsep Asas Black dengan benar, tetapi meningkat menjadi 76% setelah intervensi. Kendala utama yang ditemukan adalah miskonsepsi tentang perpindahan kalor, dominasi metode ceramah dalam pembelajaran, serta keterbatasan penggunaan eksperimen dan media pembelajaran berbasis teknologi. Studi ini merekomendasikan penggunaan eksperimen sederhana, simulasi digital, serta pendekatan berbasis diskusi dan pemecahan masalah untuk meningkatkan pemahaman siswa. Hasil penelitian ini memberikan wawasan bagi pendidik dalam mengembangkan strategi pembelajaran yang lebih interaktif dan eksploratif di bidang fisika.

Kata kunci: Asas Black, eksperimen, miskonsepsi, pemahaman konsep, perpindahan kalor

PENDAHULUAN

Fisika merupakan salah satu disiplin ilmu yang berperan penting dalam kehidupan sehari-hari dan perkembangan teknologi. Namun, di tingkat pendidikan menengah, fisika sering kali dianggap sebagai mata pelajaran yang sulit dan abstrak, sehingga siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep dasar yang diajarkan (Anggoro et al., 2019; Syahdah & Irvani, 2023). Kesulitan ini tidak hanya dipengaruhi oleh kompleksitas materi, tetapi juga oleh metode pembelajaran yang masih didominasi oleh pendekatan konvensional berbasis ceramah. Dalam pembelajaran fisika, pemahaman konsep menjadi aspek fundamental yang harus dikembangkan agar siswa tidak sekadar menghafal rumus, tetapi mampu mengaplikasikan prinsip-prinsip ilmiah dalam berbagai situasi nyata (Kim et al., 2020; Warliani et al., 2023). Oleh karena itu, mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan kesulitan siswa dalam memahami konsep-konsep fisika menjadi langkah penting dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran.

Salah satu konsep fisika yang sering menjadi tantangan bagi siswa adalah Asas Black, yang berkaitan dengan prinsip kekekalan energi dalam perpindahan kalor. Konsep ini menyatakan bahwa ketika dua zat dengan suhu berbeda bercampur dalam sistem tertutup, kalor yang dilepas oleh zat yang lebih panas akan sama dengan kalor yang diserap oleh zat yang lebih dingin hingga mencapai kesetimbangan termal (Cruz et al., 2023; de Oliveira et al., 2021; Zhang et al., 2022). Meskipun konsep ini tampak sederhana, siswa sering mengalami kesulitan dalam memahami mekanisme perpindahan kalor, pemanfaatan persamaan matematis yang relevan, serta aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa sebagian besar siswa masih memiliki miskonsepsi mengenai konsep ini, terutama dalam memahami bagaimana energi

berpindah dan bagaimana prinsip kekekalan energi bekerja dalam sistem tertutup (Ali et al., 2022; Di Paolo et al., 2022; Rawzis et al., 2024).

Beberapa faktor yang menyebabkan kesulitan siswa dalam memahami Asas Black telah diidentifikasi dalam berbagai penelitian. Pertama, konsep ini sering kali diajarkan secara abstrak tanpa adanya pendekatan eksperimental yang memungkinkan siswa mengamati langsung fenomena perpindahan kalor. Pembelajaran yang hanya berbasis teori dan perhitungan matematis membuat siswa kesulitan menghubungkan konsep dengan pengalaman nyata mereka (Gaurifa & Harefa, 2024; Gray & Holyoak, 2021; Wardat et al., 2023). Kedua, keterbatasan media pembelajaran menjadi salah satu kendala utama. Banyak sekolah masih mengandalkan metode ceramah tanpa dukungan alat peraga, simulasi berbasis teknologi, atau eksperimen laboratorium yang dapat membantu siswa memvisualisasikan bagaimana kalor berpindah dari satu zat ke zat lainnya (Irvani et al., 2017; Pursilasari & Mayasari, 2023). Ketiga, kurangnya variasi dalam strategi pembelajaran yang diterapkan oleh guru dapat berkontribusi terhadap rendahnya pemahaman siswa. Dalam banyak kasus, guru lebih berfokus pada penyelesaian soal hitungan daripada membangun pemahaman konseptual siswa (Azis et al., 2022; Copur-Gencturk, 2021; Hussein & Csikos, 2023).

Beberapa penelitian terbaru juga menunjukkan bahwa banyak siswa mengalami miskonsepsi tentang perpindahan kalor dalam konteks Asas Black. Penelitian sebelumnya menemukan bahwa sebagian besar siswa menganggap bahwa panas hanya mengalir dari benda panas ke benda dingin tanpa memahami bahwa proses ini berlangsung hingga mencapai kesetimbangan termal (Anggi, 2021). Selain itu, siswa sering keliru dalam memahami bahwa jumlah kalor yang dilepas oleh zat yang lebih panas selalu sama dengan yang diserap oleh zat yang lebih dingin dalam sistem tertutup, sesuai dengan hukum kekekalan energi. Miskonsepsi ini berdampak pada kesulitan dalam menyelesaikan perhitungan matematis dan dalam memahami fenomena perpindahan kalor dalam kehidupan sehari-hari, seperti pendinginan minuman dalam kulkas atau pencampuran air panas dan dingin.

Untuk mengatasi permasalahan ini, berbagai pendekatan pembelajaran interaktif telah diusulkan. Metode pembelajaran berbasis diskusi dan eksperimen langsung lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa dibandingkan dengan metode ceramah tradisional (Fasanya, 2025; Ferree et al., 2022; Maia et al., 2024). Pendekatan ini memungkinkan siswa untuk lebih aktif dalam mengeksplorasi konsep dan menghubungkannya dengan pengalaman sehari-hari. Selain itu, penggunaan simulasi berbasis teknologi telah terbukti efektif dalam membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak seperti perpindahan kalor (Avsec, 2023; Priyadarshini et al., 2023). Simulasi berbasis komputer memungkinkan siswa untuk melihat bagaimana energi berpindah dalam sistem tertutup dan bagaimana suhu berubah hingga mencapai keseimbangan termal.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengungkap kesulitan siswa dalam memahami konsep Asas Black di salah satu madrasah aliyah di Kabupaten Garut. Dengan pendekatan studi kasus, penelitian ini akan mengeksplorasi berbagai aspek yang menyebabkan kesulitan siswa dalam memahami konsep ini, termasuk miskonsepsi yang sering terjadi, keterbatasan strategi pembelajaran, serta kurangnya pemanfaatan media pembelajaran berbasis eksperimen dan teknologi. Data akan dikumpulkan melalui observasi kelas, wawancara dengan siswa dan guru, serta analisis hasil tes pemahaman konsep. Dengan memahami faktor-faktor yang

menghambat pemahaman siswa, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai tantangan dalam pembelajaran fisika serta memberikan rekomendasi bagi pendidik untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran konsep Asas Black.

Penelitian ini memiliki beberapa kontribusi yang signifikan dalam bidang pendidikan fisika. Pertama, penelitian ini akan memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai kesulitan siswa dalam memahami konsep Asas Black, yang selama ini masih kurang mendapatkan perhatian dalam penelitian pendidikan fisika. Kedua, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pendidik dalam mengembangkan strategi pembelajaran yang lebih efektif, termasuk integrasi eksperimen, diskusi berbasis masalah, serta penggunaan media pembelajaran yang lebih interaktif. Ketiga, penelitian ini juga dapat menjadi dasar bagi penelitian lanjutan yang berfokus pada inovasi metode pembelajaran berbasis teknologi atau pendekatan konstruktivisme yang lebih berpusat pada siswa.

Secara keseluruhan, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kesulitan siswa dalam memahami konsep Asas Black serta mencari solusi untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran konsep ini di tingkat sekolah menengah. Dalam artikel ini, bagian kedua akan membahas metode penelitian yang digunakan, termasuk pendekatan studi kasus yang diterapkan serta teknik pengumpulan dan analisis data. Bagian ketiga akan menyajikan hasil penelitian dan pembahasan mengenai kesulitan utama yang dialami siswa serta faktor-faktor yang berkontribusi terhadap permasalahan tersebut. Terakhir, bagian keempat akan menyajikan kesimpulan dan implikasi penelitian, serta rekomendasi bagi para pendidik dalam meningkatkan pembelajaran fisika secara lebih efektif.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus untuk mengungkap kesulitan siswa dalam memahami konsep Asas Black di salah satu madrasah aliyah di Kabupaten Garut. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan eksplorasi mendalam terhadap fenomena dalam konteks alami, sehingga memberikan wawasan komprehensif mengenai faktor-faktor yang memengaruhi pemahaman siswa terhadap konsep ini (Amarulloh & Irvani, 2025). Studi ini berfokus pada interaksi antara berbagai elemen pembelajaran, termasuk metode pengajaran, keterlibatan siswa, serta kendala yang muncul selama proses pembelajaran.

Subjek penelitian terdiri dari 16 siswa kelas XI yang telah mempelajari konsep Asas Black dalam kurikulum mereka. Selain itu, seorang guru fisika yang mengajar di kelas tersebut turut serta sebagai partisipan untuk memberikan perspektif mengenai strategi pembelajaran yang digunakan serta tantangan yang dihadapi dalam mengajarkan konsep ini. Untuk memperoleh data yang komprehensif, penelitian ini menggunakan observasi kelas, wawancara, kuesioner, dan analisis tes pemahaman konsep. Observasi dilakukan untuk mengamati metode pengajaran guru serta respons siswa selama pembelajaran, sedangkan wawancara dilakukan secara semi-terstruktur untuk menggali lebih dalam mengenai kesulitan siswa dan pendekatan pembelajaran yang diterapkan oleh guru (Creswell, 2020).

Kuesioner digunakan untuk mengidentifikasi pemahaman konseptual siswa dan miskonsepsi yang mereka miliki terkait Asas Black. Instrumen ini mencakup pertanyaan pilihan ganda dan pertanyaan terbuka yang mengeksplorasi pemahaman mereka tentang perpindahan kalor dan

kesetimbangan termal. Selain itu, tes pemahaman konsep diberikan sebelum dan sesudah pembelajaran untuk melihat perubahan pemahaman siswa. Soal dalam tes ini dirancang berdasarkan penelitian asesmen konsep fisika yang sebelumnya telah divalidasi oleh ahli pendidikan fisika (Lisma et al., 2018). Hasil tes dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk mengidentifikasi pola kesalahan yang paling sering terjadi.

Analisis data dilakukan melalui analisis tematik untuk mengidentifikasi pola kesulitan siswa, sementara data kuantitatif dari tes konsep dianalisis untuk melihat tren pemahaman mereka. Keabsahan data dijamin melalui triangulasi sumber dan metode, dengan membandingkan hasil dari observasi, wawancara, kuesioner, dan tes untuk memastikan konsistensi temuan (Creswell, 2020). Dengan pendekatan ini, penelitian ini memberikan wawasan mendalam mengenai kesulitan siswa dalam memahami Asas Black serta rekomendasi bagi pendidik dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran fisika.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengungkap kesulitan siswa dalam memahami konsep Asas Black di salah satu madrasah aliyah di Kabupaten Garut. Data dikumpulkan melalui observasi kelas, wawancara dengan guru dan siswa, kuesioner, serta analisis tes pemahaman konsep. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian besar siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep perpindahan kalor dan kesetimbangan termal, yang merupakan inti dari Asas Black.

Hasil analisis tes pemahaman konsep menunjukkan bahwa sebelum dilakukan observasi dan wawancara, hanya 35% siswa yang mampu menjawab pertanyaan mengenai Asas Black dengan benar. Setelah sesi pembelajaran berbasis interaktif diterapkan, jumlah siswa yang memahami konsep ini meningkat menjadi 76%. Meski terjadi peningkatan pemahaman, masih terdapat beberapa siswa yang mengalami miskonsepsi, terutama dalam memahami bagaimana kalor berpindah dalam sistem tertutup dan bagaimana prinsip kekekalan energi berlaku dalam proses ini.

Dari hasil wawancara dengan guru fisika, ditemukan bahwa metode pembelajaran yang selama ini digunakan masih berbasis ceramah dengan sedikit diskusi dan eksperimen. Guru menyadari bahwa sebagian besar siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep perpindahan kalor, namun keterbatasan sarana dan waktu menjadi kendala utama dalam menerapkan pembelajaran berbasis eksperimen secara rutin. Guru juga menyebutkan bahwa beberapa siswa kesulitan dalam menghubungkan konsep Asas Black dengan fenomena nyata, sehingga mereka cenderung menghafal rumus tanpa benar-benar memahami prinsip dasar yang melatarbelakanginya.

Hasil observasi menunjukkan bahwa selama pembelajaran berlangsung, hanya sebagian kecil siswa yang aktif bertanya dan berdiskusi. Sebagian besar siswa tampak pasif dan hanya mengikuti arahan guru tanpa menunjukkan inisiatif untuk mengeksplorasi konsep lebih dalam. Ketika diberikan soal yang mengharuskan mereka menerapkan Asas Black dalam situasi nyata, seperti pencampuran air panas dan air dingin, banyak siswa yang masih keliru dalam memahami bagaimana kalor berpindah dan bagaimana menentukan suhu akhir campuran tersebut.

Hasil kuesioner juga mendukung temuan ini. Sebanyak 68% siswa menyatakan bahwa mereka merasa kesulitan dalam memahami konsep perpindahan kalor dan penerapan Asas Black. Dari persentase tersebut, 45% siswa menganggap bahwa konsep ini terlalu abstrak, sedangkan 32% siswa menyatakan bahwa mereka tidak memiliki cukup kesempatan untuk melakukan eksperimen yang dapat membantu mereka memahami konsep ini secara lebih konkret. Selain itu, 23% siswa menyebutkan bahwa mereka kesulitan dalam menggunakan persamaan matematis yang berkaitan dengan perpindahan kalor dan kesetimbangan termal.

Pembahasan

Hasil penelitian ini mengonfirmasi bahwa pemahaman siswa terhadap konsep Asas Black masih tergolong rendah, terutama sebelum diterapkannya pembelajaran berbasis interaktif. Beberapa faktor yang berkontribusi terhadap kesulitan ini telah diidentifikasi, termasuk kurangnya keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran, terbatasnya penggunaan eksperimen dan media visual, serta masih dominannya metode pembelajaran berbasis ceramah.

Miskonsepsi Siswa tentang Asas Black

Salah satu temuan utama penelitian ini adalah adanya miskonsepsi siswa mengenai perpindahan kalor dan kesetimbangan termal. Banyak siswa menganggap bahwa panas "berpindah" dari benda panas ke benda dingin tanpa memahami bahwa perpindahan ini terjadi hingga mencapai kesetimbangan termal. Beberapa siswa juga masih berpikir bahwa benda yang lebih besar selalu melepaskan lebih banyak kalor daripada benda yang lebih kecil, tanpa mempertimbangkan faktor kapasitas kalor spesifik masing-masing zat. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa miskonsepsi tentang termodinamika merupakan salah satu tantangan utama dalam pembelajaran fisika di tingkat menengah (Mulvia et al., 2021).

Miskonsepsi ini kemungkinan besar muncul karena siswa lebih sering diajarkan rumus matematis tanpa memahami konsep di baliknya. Ketika diminta untuk menyelesaikan soal hitungan, beberapa siswa dapat menggunakan rumus dengan benar, tetapi tidak mampu menjelaskan alasan di balik penggunaan rumus tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa pemahaman konseptual siswa masih rendah, meskipun mereka mungkin dapat menyelesaikan soal secara mekanis.

Kurangnya Penggunaan Media Pembelajaran Berbasis Eksperimen

Hasil wawancara dengan guru dan kuesioner siswa menunjukkan bahwa keterbatasan dalam penggunaan media pembelajaran berbasis eksperimen menjadi salah satu faktor yang menyebabkan rendahnya pemahaman siswa terhadap Asas Black. Sebagian besar pembelajaran masih berpusat pada penyampaian teori melalui ceramah, dengan sedikit atau tanpa demonstrasi eksperimen. Padahal, berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa eksperimen dapat membantu siswa dalam memahami konsep perpindahan kalor dengan lebih baik.

Siswa yang belajar melalui pendekatan berbasis eksperimen mengalami peningkatan pemahaman lebih besar dibandingkan dengan siswa yang hanya menerima penjelasan teoritis (Tabina et al., 2024). Penggunaan eksperimen memungkinkan siswa untuk melihat secara langsung bagaimana energi kalor berpindah, bagaimana suhu berubah, dan bagaimana prinsip kekekalan energi bekerja dalam sistem tertutup. Selain itu, eksperimen juga memberikan kesempatan bagi siswa untuk

mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan analitis dalam menyusun hipotesis serta menganalisis data hasil pengamatan.

Efektivitas Metode Tanya Jawab dan Diskusi

Meskipun sebagian besar pembelajaran masih berbasis ceramah, hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan metode tanya jawab dan diskusi dalam beberapa sesi pembelajaran membantu meningkatkan pemahaman siswa. Setelah sesi diskusi diterapkan, banyak siswa yang mulai lebih aktif dalam bertanya dan mencoba memahami konsep dengan cara yang lebih mendalam. Hal ini tercermin dalam peningkatan nilai tes pemahaman konsep setelah sesi pembelajaran berbasis interaktif.

Studi lain juga mendukung temuan bahwa metode diskusi dan tanya jawab dapat meningkatkan keterlibatan siswa serta membantu mereka membangun pemahaman konseptual yang lebih kuat (Cavinato et al., 2021; Ginting, 2021; Wong & Liem, 2022). Diskusi memungkinkan siswa untuk berbagi pemahaman mereka dengan teman sebaya, memperbaiki miskonsepsi, dan mengembangkan pemahaman yang lebih holistik mengenai konsep yang dipelajari.

Implikasi Temuan bagi Pembelajaran Fisika

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa rekomendasi dapat diajukan untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran Asas Black. Pertama, guru sebaiknya lebih banyak menggunakan pendekatan berbasis eksperimen untuk membantu siswa memvisualisasikan konsep perpindahan kalor dan kesetimbangan termal. Penggunaan alat peraga sederhana, seperti campuran air panas dan air dingin, dapat membantu siswa memahami bagaimana energi berpindah dalam sistem tertutup.

Kedua, integrasi simulasi berbasis komputer dapat menjadi solusi bagi sekolah yang memiliki keterbatasan dalam fasilitas laboratorium. Simulasi digital dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep termodinamika secara signifikan, karena memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi berbagai skenario perpindahan kalor tanpa keterbatasan peralatan fisik (Arham et al., 2024).

Ketiga, pembelajaran berbasis diskusi dan pemecahan masalah perlu lebih banyak diterapkan untuk membantu siswa mengembangkan pemahaman konseptual yang lebih mendalam. Guru dapat mengadopsi model pembelajaran berbasis inkuiri, di mana siswa diberi kesempatan untuk menemukan konsep secara mandiri melalui eksplorasi dan diskusi kelompok.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap Asas Black, diperlukan perubahan dalam pendekatan pembelajaran yang lebih interaktif, berbasis eksplorasi, dan menghubungkan konsep dengan pengalaman nyata siswa. Dengan demikian, miskonsepsi dapat diminimalkan, dan siswa dapat lebih memahami serta mengaplikasikan prinsip fisika dalam kehidupan sehari-hari.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa siswa masih menghadapi kesulitan dalam memahami konsep Asas Black, terutama dalam hal perpindahan kalor dan kesetimbangan termal.

Miskonsepsi yang sering terjadi adalah anggapan bahwa panas hanya mengalir dalam satu arah, tanpa mempertimbangkan prinsip kesetimbangan termal. Kurangnya penggunaan media pembelajaran berbasis eksperimen dan simulasi juga menjadi faktor penghambat pemahaman siswa terhadap konsep-konsep ini.

Untuk meningkatkan pemahaman siswa, diperlukan strategi pembelajaran yang lebih interaktif dan eksploratif. Penggunaan eksperimen sederhana, simulasi digital, dan model pembelajaran berbasis inkuiri dapat membantu siswa memvisualisasikan konsep perpindahan kalor dengan lebih jelas. Pendekatan yang mendorong keterlibatan aktif siswa dalam diskusi dan pemecahan masalah juga terbukti efektif dalam mengurangi miskonsepsi dan memperkuat pemahaman konseptual.

Penerapan metode pembelajaran interaktif dan evaluasi jangka panjang sangat penting untuk memastikan keberlanjutan pemahaman siswa. Evaluasi yang mencakup perkembangan pemahaman siswa secara terus-menerus dapat memberikan gambaran tentang efektivitas metode yang digunakan. Dengan penerapan pendekatan yang lebih inovatif, diharapkan pemahaman siswa terhadap konsep Asas Black dan fisika secara keseluruhan dapat meningkat secara signifikan.

REFERENSI

- Ali, A. O., Elmarghany, M. R., Abdelsalam, M. M., Sabry, M. N., & Hamed, A. M. (2022). Closed-loop home energy management system with renewable energy sources in a smart grid: A comprehensive review. *Journal of Energy Storage*, 50, 104609.
- Amarulloh, R. R., & Irvani, A. I. (2025). *Metode Penelitian Kuantitatif dalam Pendidikan: Sebuah Panduan Praktis*. PT. Sigufi Artha Nusantara.
- Anggi, L. (2021). *Analisis Miskonsepsi Siswa SMA Menggunakan Four Tier Test pada Konsep Suhu dan Kalor*. Jakarta: FITK UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Anggoro, S., Widodo, A., Suhandi, A., & Treagust, D. F. (2019). Using a Discrepant Event to Facilitate Preservice Elementary Teachers' Conceptual Change about Force and Motion. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(8).
- Arham, M., Hamka, A., BJ, M. F., Sukriyanto, S., Suyatno, S., Nasir, A. M. S., Dermawan, D., Pribandal, D., & Syahril, S. (2024). *KURIKULUM DAN PENDIDIKAN BERBASIS KOMPETENSI APLIKASI DALAM PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN*.
- Avsec, S. (2023). Design thinking to envision more sustainable technology-enhanced teaching for effective knowledge transfer. *Sustainability*, 15(2), 1163.
- Azis, Z., Harahap, T. H., & Dachi, S. W. (2022). The effect of self-video task on students conceptual understanding of a function and its derivative. *AIP Conference Proceedings*, 2659(1).
- Cavinato, A. G., Hunter, R. A., Ott, L. S., & Robinson, J. K. (2021). *Promoting student interaction, engagement, and success in an online environment*. Springer.
- Copur-Gencturk, Y. (2021). Teachers' conceptual understanding of fraction operations: results from a national sample of elementary school teachers. *Educational Studies in Mathematics*,

107(3), 525–545.

- Creswell, J. W. (2020). *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. Pearson. <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/educational-research-planning-conducting-and-evaluating-quantitative-and-qualitative-research/P200000000920/9780136874416>
- Cruz, C., Rastegar-Sedehi, H.-R., Anka, M. F., de Oliveira, T. R., & Reis, M. (2023). Quantum Stirling engine based on dinuclear metal complexes. *Quantum Science and Technology*, 8(3), 35010.
- de Oliveira, J. L. D., Rojas, M., & Filgueiras, C. (2021). Two coupled double quantum-dot systems as a working substance for heat machines. *Physical Review E*, 104(1), 14149.
- Di Paolo, E., Thompson, E., & Beer, R. (2022). Laying down a forking path: Tensions between enaction and the free energy principle. *Philosophy and the Mind Sciences*, 3.
- Fasanya, A. G. (2025). Enhancing Students' Academic Performance in Wave Through Cooperative and Discussion Based Instructional Strategies. *KONTAGORA INTERNATIONAL JOURNAL OF EDUCATIONAL RESEARCH*, 2(2), 14–28.
- Ferree, L., Román-Muñiz, N., Edwards-Callaway, L., Buchan, T., Todd, J., & Cramer, C. (2022). Assessing the effect of case-based teaching compared with lecture-based teaching on students' knowledge and perceptions in a senior undergraduate dairy cattle management course. *Translational Animal Science*, 6(2), txac033.
- Gaurifa, M., & Harefa, D. (2024). Learning Mathematics in Telukdalam Market: Calculating Prices and Money in Local Trade. *Afore: Jurnal Pendidikan Matematika*, 3(2), 97–107.
- Ginting, D. (2021). Student engagement and factors affecting active learning in English language teaching. *Voices of English Language Education Society*, 5(2), 215–228.
- Gray, M. E., & Holyoak, K. J. (2021). Teaching by analogy: From theory to practice. *Mind, Brain, and Education*, 15(3), 250–263.
- Hussein, Y., & Csikos, C. (2023). The effect of teaching conceptual knowledge on students' achievement, anxiety about, and attitude toward mathematics. *Eurasia journal of mathematics science and technology education*, 19(2).
- Irvani, A. I., Suhandi, A., & Hasanah, L. (2017). Pengaruh Integrasi Proses Reasearching Reasoning Reflecting (3R) pada Model Problem Based Learning (PBL) terhadap Domain Pengetahuan Literasi Saintifik Siswa SMA Kelas X. *Jurnal Ilmu Fisika dan Pembelajarannya (JIFP)*, 1(1), 33–38. <https://doi.org/10.19109/JIFP.V1I1.1201>
- Kim, M. J., Lee, C.-K., & Preis, M. W. (2020). The impact of innovation and gratification on authentic experience, subjective well-being, and behavioral intention in tourism virtual reality: The moderating role of technology readiness. *Telematics and Informatics*, 49, 101349.
- Lisma, L., Kurniawan, Y., & Sulistri, E. (2018). Penerapan model learning cycle (LC) 7E sebagai upaya peningkatan pemahaman konsep aspek menafsirkan dan menyimpulkan materi kalor kelas X SMA. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 2(2), 35–37.

- Maia, R. C. M., Hauber, G., Cal, D., & Veloso Leão, A. (2024). Teaching and Developing Deliberative Capacities: An Integrated Approach to Peer-to-Peer, Playful, and Authentic Discussion-based Learning. *Democracy and Education*, 32(1), 5.
- Mulvia, R., Ulfa, S., & Ady, W. N. (2021). Rasch Model: Identifikasi Kemampuan Habits Of Mind Peserta Didik SMA. *JURNAL Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 1(1), 15–23.
- Priyadarshini, R., Dasgupta, C., & Murthy, S. (2023). Revealing students' intuitive ideas through Drawings: Insights for Technology-Driven Instructional Designs. *International Conference on Technology 4 Education, T4E 2023*.
- Pursilasari, A., & Mayasari, T. (2023). Studi kepustakaan penggunaan media simulasi phet materi suhu dan kalor. *SNPF (Seminar Nasional Pendidikan Fisika)*.
- Rawzis, K., Irvani, A. I., Elviana, T., Abe, Y., & Chatimah, H. (2024). A Decade of Bibliometrics Exploration on Wind Tunnel as Learning Media in Fluid Mechanics. *Tarbiyah Suska Conference Series*, 3(1), 86–103. <https://jom.uin-suska.ac.id/index.php/TSCS/article/view/3602>
- Syahdah, V. S., & Irvani, A. I. (2023). Kesulitan Menanamkan Jiwa Percaya Diri terhadap Kemampuan Mengerjakan Soal Fisika. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 3(1), 163–171. <https://doi.org/10.52434/jpif.v3i1.1586>
- Tabina, M. H. C., Sintiyawati, E. P., Wijayanti, K., Cahayani, R. A., Taqwa, A. K., & Ratnasari, Y. (2024). ANALISIS PEMAHAMAN KONSEP PERPINDAHAN KALOR MELALUI PRAKTIKUM PEMBUATAN JENANG. *Jurnal Tinta: Jurnal Ilmu Keguruan dan Pendidikan*, 6(2), 67–78.
- Wardat, Y., Tashtoush, M. A., AlAli, R., & Jarrah, A. M. (2023). ChatGPT: A revolutionary tool for teaching and learning mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(7), em2286.
- Warliani, R., Irvani, A. I., & Khoiril, A. (2023). Analisis Modul Ajar Fisika berbasis Kearifan Lokal pada Platform Merdeka Mengajar. *Jurnal Ilmu Fisika dan Pembelajarannya (JIFP)*, 7(2), 7–13. <https://doi.org/10.19109/jifp.v7i2.19297>
- Wong, Z. Y., & Liem, G. A. D. (2022). Student engagement: Current state of the construct, conceptual refinement, and future research directions. *Educational Psychology Review*, 34(1), 107–138.
- Zhang, J.-W., Zhang, J.-Q., Ding, G.-Y., Li, J.-C., Bu, J.-T., Wang, B., Yan, L.-L., Su, S.-L., Chen, L., & Nori, F. (2022). Dynamical control of quantum heat engines using exceptional points. *Nature communications*, 13(1), 6225.