

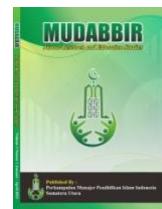


JURNAL MUDABBIR

(Journal Research and Education Studies)

Volume 5 Nomor 2 Tahun 2025

<http://jurnal.permapendis-sumut.org/index.php/mudabbir>



ISSN: 2774-8391

Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Melalui Penggunaan LKPD pada Materi Suhu dan Kalor

Pramudiyanti¹, Muhammad Kaulan Karima², Rahma Susanti³,
Fitri Pratiwi Futri⁴, Dwi Novita Sari⁵, Dewi Wijayanti⁶, Sugianti⁷

^{1,2,3,4,5,6,7} Universitas Lampung, Indonesia

Email: yanti19730310@gmail.com, kaulan@fkip.unila.ac.id,
2423053002@student.unila.ac.id, pratiwif92@gmail.com, dwinovita658@gmail.com,
dewi.wijayanti77@gmail.com, arayanti222@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa kelas V Sekolah Dasar melalui penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) pada pembelajaran IPA, khususnya materi suhu dan kalor. Permasalahan yang ditemukan di lapangan adalah rendahnya keterampilan berpikir kritis siswa akibat pendekatan pembelajaran yang masih bersifat pasif dan kurang melibatkan siswa dalam proses eksploratif. Untuk menjawab tantangan tersebut, dikembangkan LKPD berbasis inkuiri terbimbing yang memuat aktivitas pengamatan, pengumpulan data, analisis, dan penarikan kesimpulan secara sistematis. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian pengembangan dengan model ADDIE, yang mencakup tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Implementasi dilakukan di kelas V SD Negeri dengan 28 siswa sebagai subjek. Hasil pretest dan posttest menunjukkan peningkatan rata-rata nilai dari 56,8 menjadi 83,4. Uji statistik menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$), dengan nilai N-Gain sebesar 0,71 yang tergolong dalam kategori tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan LKPD berbasis inkuiri pada materi suhu dan kalor efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. LKPD menjadi sarana belajar aktif yang mendorong siswa untuk memahami konsep secara mendalam dan menerapkannya dalam konteks kehidupan sehari-hari.

Kata Kunci: Berpikir Kritis, Inkuiri Terbimbing, IPA, LKPD, Suhu dan Kalor.

ABSTRACT

This study aims to improve the critical thinking skills of fifth-grade elementary school students through the use of Student Worksheets (LKPD) in science learning, especially on temperature and heat. The problem found in the field is the low critical thinking skills of students due to the learning approach that is still passive and does not involve students in the exploratory process. To address this challenge, a guided inquiry-based LKPD was developed that includes observation activities, data collection, analysis, and systematic conclusion drawing. The research method used is development research with the ADDIE model, which includes the stages of analysis, design, development, implementation, and evaluation. The implementation was carried out in fifth-grade elementary school with 28 students as subjects. The results of the pretest and posttest showed an increase in the average score from 56.8 to 83.4. Statistical tests showed a significant difference ($p < 0.05$), with an N-Gain value of 0.71 which is classified as high. These results indicate that the use of inquiry-based LKPD on temperature and heat material is effective in improving students' critical thinking skills. LKPD is an active learning tool that encourages students to understand concepts in depth and apply them in the context of everyday life.

Keywords: *Critical Thinking, Guided Inquiry, Science, Student Worksheet, Temperature and Heat.*

PENDAHULUAN

Perkembangan pendidikan abad ke-21 menuntut peserta didik untuk tidak hanya menguasai pengetahuan dasar, tetapi juga memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi seperti berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif (Safitri, 2022; Bata, 2024). Dalam konteks Kurikulum Merdeka, kemampuan berpikir kritis menjadi salah satu dimensi utama dari Profil Pelajar Pancasila yang harus ditanamkan sejak dini di jenjang sekolah dasar (Kemendikbud, 2022). Berpikir kritis memungkinkan siswa untuk menganalisis informasi, mengevaluasi argumen, serta membuat keputusan berdasarkan alasan yang logis dan bukti yang relevan (Halim, 2022; Haffidah, 2025).

Berbeda dengan realitas pembelajaran di lapangan menunjukkan bahwa pengembangan kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar masih menghadapi berbagai tantangan. Salah satu penyebabnya adalah pendekatan pembelajaran yang bersifat konvensional, minim partisipasi aktif, dan terbatas pada hafalan konsep (Isrianti, 2025; Jufri et al., 2024). Pada mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), khususnya materi suhu dan kalor, siswa sering kali hanya memahami definisi tanpa mampu mengaitkannya dengan fenomena sehari-hari, seperti perubahan suhu tubuh, pemuaian logam, atau perpindahan panas dalam kehidupan rumah tangga.

Materi suhu dan kalor sangat potensial untuk dikembangkan menjadi sarana membangun kemampuan berpikir kritis, karena berkaitan erat dengan pengalaman konkret siswa. Konsep ini memungkinkan eksplorasi melalui pengamatan, eksperimen sederhana, dan pengajuan pertanyaan kritis yang menuntut penalaran ilmiah (Ristiani & Apriyanto, 2025). Untuk memfasilitasi proses tersebut, dibutuhkan media pembelajaran yang interaktif, kontekstual, dan terstruktur.

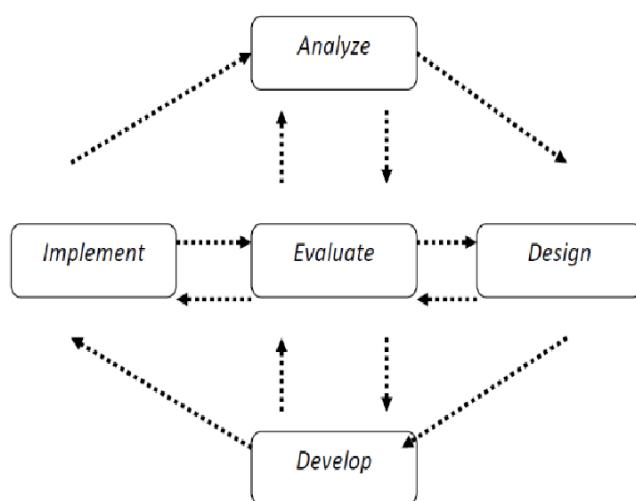
Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) interaktif merupakan salah satu bentuk media pembelajaran yang mampu memfasilitasi keterlibatan aktif siswa dalam proses belajar (Firtsanianta & Khofifah, 2022; Dwi et al., 2024). LKPD yang dirancang berbasis inkuiri atau pendekatan pemecahan masalah memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengamati, mengumpulkan data, menganalisis, serta menyimpulkan berdasarkan proses berpikir kritis yang sistematis (Al-Hadiq, 2023). Selain itu, LKPD yang dikemas dengan visual menarik dan bahasa yang sesuai dengan tahap perkembangan kognitif siswa dapat meningkatkan motivasi dan fokus siswa dalam memahami materi abstrak seperti kalor dan suhu (Windrayanti & Astawan, 2022).

Hasil observasi awal di kelas V SD Negeri di SDN 43 Talang Ubi menunjukkan bahwa mayoritas siswa mengalami kesulitan dalam menjelaskan perbedaan antara suhu dan kalor, serta dalam menghubungkan fenomena fisik seperti konduksi atau konveksi dengan aktivitas harian mereka. Pembelajaran yang dominan berpusat pada guru dan tidak dilengkapi dengan media interaktif menjadi faktor penghambat utama. Oleh karena itu, pengembangan dan implementasi LKPD interaktif pada materi suhu dan kalor diharapkan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa secara signifikan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengungkap efektivitas penggunaan LKPD interaktif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa kelas V pada pembelajaran IPA, khususnya materi suhu dan kalor. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan bahan ajar yang kontekstual dan mendukung pencapaian tujuan pembelajaran sains di sekolah dasar secara lebih bermakna.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian pengembangan (*research and development*) menggunakan model ADDIE yang terdiri dari lima tahapan, yaitu Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation (Anafi *et al.*, 2021; Assingkily, 2021; Hidayat & Muhamad, 2021). Model ini dipilih karena memberikan alur sistematis dalam merancang, mengembangkan, dan menguji efektivitas bahan ajar yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik, dalam hal ini berupa LKPD interaktif berbasis inkuiiri terbimbing untuk pembelajaran IPA pada materi suhu dan kalor.



Gambar 1. Model ADDIE

Subjek penelitian adalah siswa kelas V SDN 43 Talang Ubi sebanyak 18 siswa. Pemilihan subjek dilakukan secara *purposive* berdasarkan hasil observasi awal yang menunjukkan rendahnya kemampuan berpikir kritis siswa dalam memahami konsep suhu dan kalor serta keterbatasan media ajar yang digunakan guru.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Kebutuhan

Analisis awal dilakukan untuk mengetahui tingkat kemampuan berpikir kritis siswa kelas 5 SD pada materi Suhu dan Kalor. Berdasarkan pretest yang diberikan kepada 18 siswa, ditemukan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa masih tergolong rendah, khususnya dalam mengidentifikasi, menganalisis, dan mengevaluasi konsep Suhu dan Kalor dalam konteks nyata sehari-hari.

Tabel 1. Hasil Pretest Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas 5 SD

Kategori	Skor Presentase	Jumlah Siswa	Persentase (%)
Tinggi	76%-100%	0	0%
Sedang	51%-75%	10	55,56%
Rendah	$\leq 50\%$	8	44,44%

Dari 18 siswa, 44,44% siswa masih berada pada kategori rendah, 55,56% pada kategori sedang, dan tidak ada yang berada pada kategori tinggi. Observasi selama pembelajaran menunjukkan guru dominan menggunakan metode ceramah dengan media pembelajaran konvensional, sehingga siswa kurang terlibat aktif dan mengalami kesulitan dalam mengaitkan konsep suhu dan kalor dengan kehidupan sehari-hari. Keterbatasan bahan ajar inovatif di sekolah juga menjadi hambatan utama dalam pembelajaran IPA materi ini.

2. Desain LKPD Berbasis Problem Based Learning

Merespon kebutuhan tersebut, LKPD berbasis Problem Based Learning (PBL) dikembangkan khusus untuk materi Suhu dan Kalor pada kelas 5 SD. Desain LKPD mengacu pada sintaks PBL yang terdiri dari orientasi masalah, organisasi belajar, penyelidikan individu dan kelompok, pengembangan serta penyajian hasil, dan evaluasi pembelajaran. LKPD ini dirancang menggunakan bahasa yang mudah dipahami dan ilustrasi yang relevan dengan kehidupan siswa agar proses berpikir kritis dapat berkembang secara bertahap.

Tabel 1. Storyboard LKPD Matematika Berbasis PBL

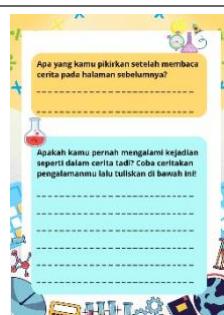
No	Sub Bagian	Tampilan	Keterangan
1	Cover		Cover pembuka LKPD dibuat dengan ilustrasi yang relawan dengan siswa sekolah dasar, pada bagian cover ini memuat adanya basis model pembelajaran <i>Problem Based Learning</i> (PBL), penunjuk materi suhu dan kalor dan kelas 5 sekolah dasar.
2	Kata Pengantar		Pada halaman kedua berisi kata pengantar. Penulis mengungkapkan rasa syukur dan harapan penulis dalam penyusunan LKPD.
3	Capaian Pembelajaran dan Tujuan Pembelajaran		Pada halaman ketiga berisi CP dan TP yang akan di capai peserta didik di fase C kelas 5 SD
4	Petunjuk Pergunaan LKPD		Pada halaman keempat terdapat petunjuk penggunaan LKPD yang merupakan instruksi dalam pengerjaan LKPD
5	Identitas Peserta Didik		Pada halaman kelima berisi identitas peserta didik, nama kelompok, dan anggota kelompok.

6 Langkah 1



Pada Langkah 1 peserta didik diarahkan untuk mengenali permasalahan yang kontekstual relavan dengan kehidupan sehari-hari mereka

7 Langkah 1



Lalu peserta didik diarahkan untuk menuliskan kejadian apa yang diceritakan di cerita diatas

8 Langkah 2



Pada Langkah 2 ini peserta didik di organisasikan untuk belajar dan di bimbing untuk berdiskusi dengan teman satu kelompok

9 Langkah 2



Lalu selanjutnya peserta didik mengerjakan tugas kelompok yang dikerjakan satu kelompok dan berdiskusi dengan kelompok

10 Langkah 3



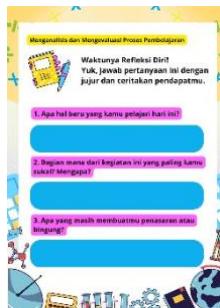
Pada Langkah ini peserta didik dibimbing untuk berkesperimen dengan kelompok yang telah di bentuk oleh guru.

11 Langkah 3

Selanjutnya peserta didik dibimbing untuk mengisi lembar pengisian kegiatan eksperimen kelompok setelah melakukan eksperimen

12 Langkah 4

Langkah selanjutnya peserta didik dibimbing untuk menunjukkan hasil eksperimen dari berbagai kelompok. Dan mempresentasikan hasil kelompok.

13 Langkah 5

Langkah selanjutnya peserta didik dievaluasi kegiatan pembelajaran dengan mengisi kegiatan refleksi diri.

14 Langkah 5

Pada halaman terakhir berisi pemberian selamat telah menyelesaikan kegiatan pembelajaran mengenai materi suhu dan kalor.

Tahapan-tahapan PBL yang diadaptasi pada materi Suhu dan Kalor, seperti investigasi perubahan suhu pada benda sehari-hari, diskusi kelompok untuk menemukan penyebab perubahan suhu, dan penyajian hasil pengamatan secara kolaboratif.

3. Pengembangan LKPD

Pengembangan LKPD dilaksanakan dengan merujuk pada capaian pembelajaran Kurikulum Merdeka materi IPA kelas 5 SD serta indikator berpikir kritis, yaitu mengidentifikasi masalah, menganalisis informasi, mengevaluasi

solusi, dan menarik kesimpulan. LKPD disusun dengan aplikasi *Canva* sehingga tampilan lebih menarik dan sesuai karakteristik siswa usia 11 tahun.

4. Implementasi dan Hasil Pembelajaran

Implementasi LKPD dilakukan selama dua pertemuan, masing-masing berdurasi 40 menit. Pembelajaran dilakukan secara berkelompok, terdiri dari 3-4 siswa, agar interaksi sosial dan diskusi kritis dapat berkembang optimal.



Gambar 1. Implementasi LKPD

Selama implementasi, terlihat peningkatan antusiasme siswa yang signifikan. Siswa aktif mengajukan pertanyaan, berdiskusi untuk memecahkan masalah nyata terkait Suhu dan Kalor, serta mampu menyampaikan hasil pengamatan secara jelas. Hal ini menunjukkan bahwa LKPD berbasis PBL berhasil menciptakan suasana belajar yang menantang sekaligus menyenangkan.



Gambar 2. Implementasi LKPD

Tabel 2. Hasil Posttest Kemampuan Berpikir Kritis Siswa

Kategori	Skor Presentase	Jumlah Siswa	Persentase (%)
Tinggi	76%-100%	17	94,44%
Sedang	51%-75%	1	5,56%
Rendah	≤50%	0	0%

Dari 18 siswa, sebanyak 94,44% berada pada kategori tinggi, 5,56% sedang, dan tidak ada yang rendah. Rata-rata nilai posttest meningkat dari 50,81 menjadi 83,49. Peningkatan ini menandakan efektivitas penggunaan LKPD berbasis PBL dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi Suhu dan Kalor.

5. Evaluasi Statistik

Paired Samples Test									
		Paired Differences							
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	PRETEST - POSTEST	-32.83333	12.28222	2.89495	-38.94114	-26.72553	-11.342	17	.000

Uji t berpasangan yang dilakukan menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 (<0,05), menandakan perbedaan yang signifikan antara nilai pretest dan posttest. Nilai sebesar -32,83 memperkuat adanya peningkatan yang nyata. Selain itu, perhitungan N-Gain memperoleh nilai 0,6499 yang termasuk kategori sedang (medium gain), menegaskan efektivitas pembelajaran menggunakan LKPD berbasis PBL.

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
NGain	18	.36	1.00	.6499	.14212
Valid N (listwise)	18				

Peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa dapat dijelaskan melalui karakteristik *Problem Based Learning* yang menempatkan siswa sebagai pusat pembelajaran dan memotivasi mereka untuk aktif mencari solusi terhadap masalah nyata. Konsep Suhu dan Kalor yang awalnya abstrak menjadi lebih konkret melalui aktivitas eksperimen dan diskusi kelompok dalam LKPD.

Bahasa sederhana, ilustrasi kontekstual, dan pendekatan kolaboratif sesuai dengan perkembangan kognitif siswa kelas 5 yang telah memasuki fase operasi konkret hingga formal (Assingkily, et.al., 2021; Widiyatmoko, 2023). Pendekatan ini membantu siswa memahami hubungan antara suhu, kalor, dan perubahan fisik dalam kehidupan sehari-hari.

Penggunaan LKPD juga mengatasi keterbatasan sumber belajar di sekolah dengan menyediakan bahan ajar yang menarik dan interaktif. Hal ini meningkatkan motivasi belajar dan partisipasi aktif siswa, sehingga proses berpikir kritis dapat terstimulasi secara optimal (Khoir, 2024; Safirah, 2023).

Hasil penelitian ini mendukung teori bahwa pembelajaran berbasis masalah mampu meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) yang merupakan kompetensi utama dalam Kurikulum Merdeka (Kemendikbudristek, 2022).

KESIMPULAN

Penggunaan LKPD berbasis Problem Based Learning (PBL) pada materi *Suhu dan Kalor* kelas 5 SD terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Terbukti dari hasil *posttest* yang menunjukkan peningkatan signifikan dibandingkan *pretest*, dengan peningkatan dari nilai 50,81 ke 83,49 persentase siswa pada kategori tinggi meningkat 64,15%. Analisis statistik memperkuat temuan ini dengan nilai signifikansi uji t berpasangan $< 0,05$ dan nilai N-Gain kategori sedang.

Keberhasilan ini didukung oleh desain LKPD yang sesuai dengan karakteristik siswa dan sintaks PBL yang memfasilitasi proses berpikir kritis secara bertahap melalui aktivitas yang kontekstual dan kolaboratif. LKPD juga mampu mengatasi keterbatasan sumber belajar konvensional di sekolah serta

meningkatkan motivasi dan partisipasi aktif siswa dalam pembelajaran IPA.

Dengan demikian, LKPD berbasis PBL dapat dijadikan alternatif bahan ajar yang efektif untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa, khususnya pada materi Suhu dan Kalor di sekolah dasar, dan diharapkan dapat diterapkan pada materi pembelajaran IPA lainnya.

REFERENSI

- Al Hadiq, A. (2023). Pengembangan Bahan Ajar Pai Berbasis Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Social Science Academic*, 1(1), 229-234. <https://ejurnal.insuriponorogo.ac.id/index.php/ssa/article/view/3361>.
- Anafi, K., Wiryokusumo, I., & Leksono, I. P. (2021). Pengembangan media pembelajaran model ADDIE menggunakan software Unity 3D. *Jurnal Education and development*, 9(4), 433-438. <https://journal.ipts.ac.id/index.php/ED/article/view/3206/2123>.
- Assingkily, M. S., Fauzi, M. R., Hardiyati, M., & Saktiani, S. (2021). *Desain Pembelajaran Tematik Integratif Jenjang MI/SD (Dari Konvensional Menuju Kontekstual yang Fungsional)*. Penerbit K-Media.
- Assingkily, M. S. (2021). *Metode Penelitian Pendidikan: Panduan Menulis Artikel Ilmiah dan Tugas Akhir*. Yogyakarta: K-Media.
- Bata, J. (2024). Pengembangan Pembelajaran Daring Menggunakan Metode ADDIE Pada Topik Computational Thinking dan Pemrograman Dasar. *JIIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 7(5), 4691-4696. <https://doi.org/10.54371/jiip.v7i5.4421>.
- Dwi, D. A., Afas, M. Z., Irawan, I., & Haidorizal, R. (2024). Pengaruh Media LKPD Interaktif Berbasis Liveworksheet Terhadap motivasi dan Hasil belajar Bahasa Inggris siswa kelas VII MTs Nurul Huda. *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 16(2), 79-86. <https://journal.unuha.ac.id/index.php/ITI/article/view/3350>.
- Firtsanianta, H., & Khofifah, I. (2022). Efektivitas E-LKPD Berbantuan Liveworksheet Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik. *Proceeding Umsurabaya*, 1(1). <https://journal.um-surabaya.ac.id/Pro/article/view/14918>.
- Haffidah, Q. (2025). Pengaruh Model Pembelajaran Think Talk Write (Ttw) Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Fisika Peserta Didik Kelas XI SMA Negeri 1 Terusan Nunyai. *Doctoral Dissertation*, UIN Raden Intan Lampung. <https://repository.radenintan.ac.id/36977/>.
- Halim, A. (2022). Signifikansi dan Implementasi Berpikir Kritis Dalam Proyeksi Dunia Pendidikan Abad 21 Pada Tingkat Sekolah Dasar. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 3(3). <https://doi.org/10.36418/jist.v3i3.385>.
- Hidayat, F., & Muhamad, N. (2021). Model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation*) dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam Addie (*Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation*) Model in Islamic Education Learning. *J. Inov. Pendidik. Agama Islam*, 1(1), 28-37.
- Isrianti, D. (2025). Pengaruh Model Pembelajaran Project Based Learning Berbantuan Media Digital Interaktif Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Mata Pelajaran IPAS Siswa Kelas V SD. *Doctoral Dissertation*, Universitas Islam

Sultan Agung Semarang. <https://repository.unissula.ac.id/40435/>.

Jufri, A. P., Asri, W. K., Mannahali, M., & Vidya, A. (2023). *Strategi Pembelajaran: Menggali Potensi Belajar Melalui Model, Pendekatan, dan Metode yang Efektif*. Ananta Vidya.

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. (2022). *Panduan pembelajaran dan asesmen*. Jakarta: Kemendikbudristek. <https://kurikulum.kemdikbud.go.id/>.

Khoir, S. U. (2024). Pengembangan Bahan Ajar Interaktif IPAS Berbasis Discovery Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas IV SD. *Doctoral Dissertation*, Universitas Muhammadiyah Malang.

Ristiani, R., Ali, A., & Apriyanto, A. (2025). *Konsep Dasar Pembelajaran IPA*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.

Safirah, A. D. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Komik Berbasis Contextual Teaching and Learning Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa SD. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 8(3), 6689-6705. <https://journal.unpas.ac.id/index.php/pendas/article/view/11875/5145>.

Safitri, N. Annisa. (2022). The STEAM Approach to Improve 21st Century Skills in Elementary Schools. *Kalam Cendekia: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 10(2), 227-233. <https://jurnal.uns.ac.id/jkc/article/view/65493>.

Widiyatmoko, A. (2023). *Teori Pembelajaran IPA*. Penerbit NEM.

Windrayanti, N. M. F., & Astawan, I. G. (2022). Video Pembelajaran IPA Berbasis Inkuiiri Terbimbing Materi Perpindahan Panas di Sekitar Kita. *Jurnal Pedagogi dan Pembelajaran*, 5(1), 118-126. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JP2/article/view/46540>.