

Pengaruh model PBL berbantuan laboratorium virtual terhadap berpikir kritis dalam pembelajaran IPA siswa SD

Nafisa Salsabila^{1*}, Anastasya Kurnia Dewi²

¹Faculty of Education, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

²Teacher Training and Education Faculty, Universitas Sebelas Maret, Indonesia

*Corresponding email: nafisa37fipp.2023@student.uny.ac.id

Article Info

Article history:

Received : October 12th, 2025

Revised : November 20th, 2025

Accepted : November 28th, 2025

Keywords:

PBL; laboratorium virtual; berpikir kritis; pembelajaran IPA.

ABSTRAK

This study aims to test the influence of the virtual laboratory-assisted PBL model on critical thinking in science learning of elementary school students significantly. This research method is Quasi Experimental with a research design, namely Nonequivalent Control Group Design. The sample is 45 students from Panjer 1 Elementary School and Panjer 6 Elementary School. The sampling technique uses purposive sampling. The results showed that the critical thinking t-test obtained a Sig. (2-tailed) value of $0.026 < 0.05$. In the N-Gain test the average value is 0.3753. Based on the results of the study, it can be concluded that there is an influence of the PBL model assisted by virtual laboratories on critical thinking in science learning of elementary school students. The advantage of the PBL model combined with a virtual laboratory lies not only in the ease of self-exploration, but in the cognitive structure built through a simulation-based problem-solving process so as to encourage the emergence of analytical reasoning and metacognitive reflection which are at the core of critical thinking skills.



© 2025 The Authors. Published by Nexus Edutech. This is an open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

PENDAHULUAN

Berpikir kritis merupakan kompetensi kognitif fundamental yang memungkinkan individu mengevaluasi informasi secara objektif, membedakan fakta dari misinformasi, serta mengambil keputusan yang rasional (Elder & Paul, 2009). Kompetensi ini tidak berhenti pada kemampuan menilai informasi, tetapi juga mencakup kesadaran untuk mengidentifikasi asumsi, menimbang alternatif solusi, dan menguji validitas argumen secara sistematis (Mthiyane & Jarvis, 2024). Dengan demikian, berpikir kritis berperan sebagai fondasi bagi terbentuknya kemampuan berpikir tingkat tinggi yang menjadi tuntutan esensial dalam pembelajaran abad ke-21, terutama pada mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA).

Pada pembelajaran IPA di sekolah dasar, kemampuan berpikir kritis menjadi sangat krusial karena IPA tidak hanya menargetkan penguasaan konsep, tetapi juga penerapan prinsip ilmiah dalam kehidupan sehari-hari. Siswa dituntut mampu menganalisis fenomena alam, menginterpretasi data, serta merumuskan penjelasan ilmiah secara logis (Sudarmini & Hadiwijaya, 2015). Namun, indikator kemampuan tersebut belum tercermin dalam capaian literasi sains siswa Indonesia. Hasil *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) 2019 menunjukkan skor Indonesia hanya mencapai 397 dan berada pada peringkat ke-45 dari 48 negara (Mullis et al., 2020), mengindikasikan belum optimalnya pembelajaran sains dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Situasi ini diperkuat oleh temuan empiris di sekolah dasar, di mana pembelajaran IPA masih didominasi oleh metode ceramah dengan minimnya penggunaan media interaktif (Sulthon, Pujiastuti, & Retnawati, 2021). Pendekatan yang teacher-centered semacam ini menyebabkan siswa pasif, lebih banyak menghafal, dan tidak memperoleh ruang untuk bereksperimen atau melakukan refleksi mendalam. Hasil observasi di beberapa SD Gugus Banyumudal, Kebumen, juga mengonfirmasi bahwa siswa kurang terlibat aktif, tidak memanfaatkan teknologi pembelajaran interaktif, dan memiliki akses yang sangat terbatas terhadap kegiatan laboratorium. Akibatnya, kemampuan berpikir kritis siswa dalam memahami konsep IPA secara komprehensif cenderung rendah.

Melihat kondisi tersebut, dibutuhkan model pembelajaran yang mampu menstimulasi eksplorasi mandiri, pemecahan masalah, serta investigasi ilmiah secara aktif. Model *Problem-Based*

Learning (PBL) menjadi salah satu pendekatan yang relevan karena menekankan aktivitas penyelidikan, kerja kolaboratif, dan refleksi dalam menemukan solusi (Arends, 2012). Sejalan dengan kemajuan teknologi pendidikan, efektivitas PBL dapat diperkuat melalui integrasi laboratorium virtual yang menyediakan pengalaman eksperimen ilmiah secara visual, fleksibel, dan bebas dari keterbatasan ruang maupun waktu (Achmad & Utami, 2023; Anggrella et al., 2024). Melalui simulasi interaktif, siswa dapat memanipulasi variabel, mengamati konsekuensi empiris, dan mengembangkan ide-ide baru secara kreatif (Jun & Li, 2023), sehingga proses berpikir kritis dan kreatif dapat terfasilitasi secara lebih intensif.

Secara empiris, penelitian-penelitian terdahulu telah menunjukkan efektivitas PBL dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis (Yani, Fajra, & Yulisma, 2023), dan laboratorium virtual dalam memperkuat pemahaman konsep serta penalaran ilmiah (Sari, Angreni, & Salsa, 2022). Namun, sebagian besar studi tersebut dilakukan pada jenjang SMP dan SMA (Alfiah & Dwikoranto, 2022; Hermansyah, Gunawan, & Herayanti, 2015). Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian, terutama terkait penerapan model PBL berbantuan laboratorium virtual pada siswa sekolah dasar yang berada pada tahap perkembangan kognitif konkret sehingga membutuhkan pendekatan yang lebih adaptif.

Mengingat pentingnya pengembangan berpikir kritis sejak dini serta terbatasnya penelitian pada jenjang sekolah dasar, penelitian ini menjadi urgensi akademik dan praktis. Penelitian ini bertujuan menginvestigasi pengaruh penerapan Problem-Based Learning berbantuan laboratorium virtual terhadap kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar pada pembelajaran IPA. Temuan penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi empiris pada inovasi pedagogis berbasis teknologi, tetapi juga menjembatani kesenjangan penelitian yang masih ada dalam pendidikan dasar dan kebutuhan kompetensi abad ke-21.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode kuasi-eksperimental. Pemilihan metode ini didasarkan pada keterbatasan penelitian lapangan yang tidak memungkinkan peneliti untuk sepenuhnya mengendalikan faktor-faktor eksternal yang berpotensi memengaruhi jalannya eksperimen. Dengan demikian, kuasi-eksperimen menjadi pilihan metodologis yang paling rasional untuk menguji pengaruh perlakuan secara objektif dalam pembelajaran nyata di sekolah dasar.

Desain penelitian yang digunakan adalah *Nonequivalent Control Group Design*. Desain ini memungkinkan peneliti membandingkan perubahan kemampuan berpikir kritis antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol melalui pengukuran pretest dan posttest. Penggunaan desain tersebut memberikan dasar evaluatif yang lebih kuat karena memungkinkan analisis perubahan skor yang terjadi sebelum dan sesudah perlakuan meskipun kelompok tidak dibentuk secara acak.

Sampel penelitian terdiri dari 45 siswa kelas V dari populasi berjumlah 101 siswa. Pemilihan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling* berdasarkan pertimbangan kesesuaian karakteristik kelas dan kesiapan sekolah untuk menerapkan perlakuan. Siswa kelas V SDN 1 Panjer ditetapkan sebagai kelompok eksperimen yang menerima perlakuan model Problem-Based Learning berbantuan laboratorium virtual, sedangkan siswa kelas V SDN 6 Panjer berfungsi sebagai kelompok kontrol yang menerima pembelajaran dengan model PBL berbantuan media konkret.

Instrumen pengumpulan data berupa tes berpikir kritis dalam bentuk soal uraian yang terdiri dari sebelas butir pertanyaan. Tes ini dirancang untuk mengukur kemampuan siswa dalam menganalisis, mengevaluasi, dan memberikan alasan berbasis bukti sesuai indikator berpikir kritis. Sebelum analisis, dilakukan uji prasyarat yang meliputi uji normalitas dan uji homogenitas untuk memastikan bahwa data memenuhi asumsi statistik parametrik.

Analisis data dilakukan dengan menggunakan *Independent Samples t-test* dan uji N-Gain melalui aplikasi SPSS versi 24. Uji t digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, sehingga dapat ditentukan apakah perlakuan memberikan pengaruh yang berarti terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Sementara itu, uji N-Gain digunakan untuk mengevaluasi efektivitas peningkatan kemampuan berpikir kritis setelah perlakuan, sehingga memberikan gambaran kuantitatif mengenai kualitas peningkatan yang terjadi pada masing-masing kelompok.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian eksperimen ini dilaksanakan di dua sekolah dasar negeri yaitu SDN 1 Panjer sebagai kelas eksperimen dengan *treatment* penerapan model PBL berbantuan laboratorium virtual, dan SDN 6 Panjer sebagai kelas kontrol dengan tidak diberi *treatment* atau menerapkan model PBL berbantuan media konkret. Penelitian dilakukan dengan memberikan *pretest* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Setelah melakukan *pretest*, peneliti memberikan *treatment* pada kelas eksperimen sedangkan pada kelas kontrol tidak diberi *treatment*. Selanjutnya peneliti memberikan *posttest* kepada siswa. Pada *pretest* dan *posttest* sebelumnya, telah dilakukan uji coba tes kepada siswa di luar sampel penelitian, kemudian dilakukan uji validitas dan uji reliabilitas. Setelah tes dikatakan valid dan reliabel, peneliti dapat menggunakannya sebagai instrumen penelitian.

Pembelajaran pada kelas eksperimen menerapkan model PBL berbantuan laboratorium virtual. Langkah-langkah penerapan model PBL adalah orientasi masalah kepada siswa, mengorganisasikan siswa untuk investigasi, memandu penyelidikan secara mandiri maupun berkelompok, mengembangkan dan menyajikan hasil kerja, serta analisis dan evaluasi berbantuan laboratorium virtual. Selama proses pembelajaran berlangsung, siswa akan terlibat kritis dan kreatif dalam kegiatan pemecahan masalah melalui penggunaan laboratorium virtual.

Analisis data penelitian ini menggunakan uji *MANOVA* dan uji *N-Gain*. Sebelum melakukan uji analisis data, peneliti melakukan uji prasyarat penelitian menggunakan uji normalitas dan uji homogenitas. Berikut merupakan hasil uji hipotesis pada penelitian ini. Hasil uji t digunakan untuk menilai perbedaan hasil tes pemikiran kritis pada mata pelajaran IPA siswa kelas lima dengan *treatment* model PBL berbantuan laboratorium virtual. Hasil uji hipotesis 1 disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Luaran Uji T untuk Berpikir Kritis Siswa dalam Pembelajaran IPA

<i>Variable</i>	<i>Sig.</i>
Berpikir Kritis	.026

Tabel 1 menunjukkan nilai *Sig. (2-tailed)* untuk berpikir kritis sebesar 0,026 kurang dari 0,05. Nilai tersebut berarti ada perbedaan rata-rata nilai pemikiran kritis antara kelas eksperimen yang menggunakan model PBL dengan bantuan laboratorium virtual dan kelas kontrol yang menggunakan model PBL dengan bantuan media konkret. Berdasarkan data ini, terdapat penolakan pada H_0 dan H_1 diterima yang artinya ada perbedaan substansial antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model PBL berbantuan laboratorium virtual berpengaruh terhadap pemikiran kritis dalam mata pelajaran IPA siswa SD secara signifikan.

Efektifitas yang diberikan kepada kelas eksperimen dinilai menggunakan uji gain ternormalisasi (*N-Gain*) dengan bantuan SPSS versi 24. *Output* uji *N-Gain* pada variabel keterampilan berpikir kritis dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. *Output N-Gain* Berpikir Kritis Siswa Kelas V dalam Pembelajaran IPA

	<i>N</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Deviation</i>
Ngain Score	28	.12	.61	.3753	.14913
Ngain Persen	28	12.12	61.36	37.5332	14.91275

Berdasarkan data pada Tabel 2 yang memuat hasil uji *N-Gain* terkait keterampilan berpikir kritis siswa kelas lima, diperoleh bahwa rata-rata skor *N-Gain* pada kelas eksperimen sebesar 0,3753. Rata-rata skor *N-Gain* tersebut berada dalam rentang sedang menurut kriteria Meltzer. Pada kelas eksperimen, nilai *N-Gain* terendah berkisar antara 0,12 hingga 0,61 untuk nilai tertinggi. Berkaca pada hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa PBL yang didukung oleh laboratorium virtual efektif dalam membantu siswa sekolah dasar mengembangkan keterampilan berpikir kritis.

Pada kelas eksperimen yang menerapkan PBL dengan dukungan laboratorium virtual mengalami peningkatan dalam keterampilan berpikir kritis. Keterampilan interpretasi siswa dalam memecahkan masalah secara tepat memungkinkan siswa untuk memberikan pertanyaan relevan serta mendalam terkait dengan materi pelajaran. Selain itu, dengan menggunakan data dan pengetahuan yang diperoleh dari kegiatan laboratorium virtual, siswa mampu menyampaikan argumen yang logis dimana hal ini memenuhi kriteria keterampilan analisis dan eksplanasi. Keterampilan siswa untuk menyusun

dan menyimpulkan tanggapan secara metodis dan kohesif dengan berbagai sudut pandang mencerminkan tanda-tanda berpikir kritis siswa yaitu evaluasi dan inferensi.

Peningkatan keterampilan berpikir kritis pada kelas eksperimen sejalan dengan keunggulan model PBL. Keunggulan model PBL membantu siswa untuk berperan sebagai pemecah masalah aktif yang tidak hanya berperan sebagai penerima informasi (Putranta & Kuswanto, 2018). Karakteristik tersebut merupakan komponen penting dalam berpikir kritis. Hal ini juga sejalan dengan manfaat PBL yang memungkinkan siswa memahami isu-isu dunia nyata, mengembangkan pengetahuan mereka sendiri, dan memahami hakikat pembelajaran lebih dari sekadar menghafal informasi dari buku teks (Yulianti & Gunawan, 2019). Selain itu, siswa dapat menggunakan multimedia interaktif untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih mendalam dan memahami ide-ide yang rumit dengan lebih baik melalui dukungan laboratorium virtual (Wahyudi, Budiyo, Widiastuti, Hatta, & Bakar, 2024). Oleh karena itu, mengintegrasikan PBL dengan penggunaan laboratorium virtual dapat memperbaiki cara belajar dan memperkuat kemampuan berpikir kritis siswa.

Menurut sejumlah penelitian sebelumnya, penggunaan PBL berbantuan laboratorium virtual dianggap bermanfaat untuk mengembangkan kapasitas siswa dalam pemikiran kritis. Berpikir secara kritis di kalangan siswa terlihat mengalami peningkatan melalui penggunaan model PBL (Yani, Fajra, & Yulisma, 2023). Penelitian lebih lanjut menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual dapat meningkatkan pemahaman konsep dalam aspek berpikir kritis dengan *N-Gain* sebesar 0,66 yang diklasifikasikan standar (Sari, Angreni, & Salsa, 2022). Penggunaan PBL dengan penggunaan laboratorium virtual membantu siswa meningkatkan berpikir kritis siswa. Siswa yang berpartisipasi dalam model pembelajaran ini menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam kapasitas siswa untuk menganalisis, menilai, dan menerapkan topik fisika yang sulit (Alfiah & Dwikoranto, 2022).

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan melalui teori dan didukung oleh penelitian terkait, dapat diketahui bahwa model PBL berbantuan laboratorium virtual secara signifikan memengaruhi keterampilan berpikir kritis siswa. Hasil ini dicapai karena di kelas eksperimen, skor *posttest* berpikir kritis meningkat dibandingkan kelas kontrol. Temuan penelitian menunjukkan bahwa integrasi model Problem-Based Learning (PBL) dengan laboratorium virtual berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar. Implikasi strategis dari hasil ini adalah perlunya reposisi pendekatan pembelajaran IPA dari pembelajaran berbasis penyampaian informasi menuju pembelajaran berbasis investigasi digital. Hal ini menuntut sekolah untuk menjadikan pemanfaatan laboratorium virtual bukan sekadar tambahan media, tetapi bagian dari strategi pembelajaran inti yang mendorong eksplorasi ilmiah, manipulasi variabel, dan evaluasi bukti secara sistematis.

Strategi pembelajaran IPA perlu diarahkan pada desain pembelajaran yang menempatkan siswa sebagai *active problem solvers* melalui skenario masalah yang menantang, disertai akses ke simulasi laboratorium virtual yang memungkinkan eksperimen berulang tanpa batasan fisik. Integrasi ini harus berada dalam kerangka *inquiry-based digital environment* yang konsisten, bukan diterapkan secara insidental. Peran guru bergeser dari penyampai materi menjadi fasilitator yang mengarahkan alur penyelidikan, mengelola dinamika diskusi, dan menstimulasi pertanyaan reflektif yang memicu pemikiran kritis.

Dukungan kelembagaan menjadi komponen strategis yang tidak dapat diabaikan. Sekolah perlu membangun kebijakan internal terkait infrastruktur digital minimum, penyediaan pelatihan profesional terkait PBL dan pemanfaatan laboratorium virtual, serta mekanisme monitoring kualitas implementasi berbasis indikator berpikir kritis. Dengan demikian, strategi pembelajaran IPA tidak lagi berorientasi semata pada penyampaian konten, tetapi pada penguatan literasi ilmiah yang terukur melalui peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa.

Keberhasilan pendidikan karakter di sekolah tidak hanya bergantung pada kurikulum dan metode pengajaran, tetapi juga pada strategi praktis yang diterapkan secara konsisten. Salah satu aspek penting adalah menciptakan sistem yang mampu memotivasi siswa untuk mengembangkan karakter positif. Penghargaan yang diberikan secara tepat, baik dalam bentuk apresiasi verbal, tanggung jawab khusus, maupun bentuk penghargaan lainnya, dapat memberikan dorongan bagi siswa untuk terus bertumbuh dan merasa bahwa usaha mereka dihargai. Selain itu, berbagai tantangan yang dihadapi siswa seperti rendahnya motivasi, kurangnya minat belajar, atau kebiasaan menunda perlu ditangani secara bijak.

Pada tingkat operasional, penelitian ini memberikan arah tindakan konkret bagi guru dan sekolah dalam meningkatkan kualitas pembelajaran IPA. Pertama, guru perlu menerapkan langkah-langkah PBL secara konsisten pada orientasi masalah, investigasi mandiri, kolaborasi, analisis data, dan refleksi dengan memanfaatkan fitur-fitur laboratorium virtual yang memungkinkan simulasi percobaan ilmiah secara aman dan fleksibel. Pemanfaatan simulasi digital harus difokuskan pada aktivitas yang secara langsung melibatkan keterampilan berpikir kritis, seperti mengidentifikasi variabel, menguji hipotesis, dan mengevaluasi bukti eksperimen. Langkah-langkah praktis tersebut memastikan bahwa penerapan PBL berbantuan laboratorium virtual tidak hanya meningkatkan aktivitas belajar, tetapi berdampak langsung pada konstruksi penalaran ilmiah siswa, sebagaimana ditunjukkan oleh temuan penelitian ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penerapan model PBL berbantuan laboratorium virtual berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di sekolah dasar. Hasil uji t menunjukkan nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) sebesar 0,026 untuk berpikir kritis, yang keduanya lebih kecil dari 0,05. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan model PBL dengan bantuan laboratorium virtual mampu memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa. Penelitian lanjutan perlu memperluas ruang lingkup dengan menguji model PBL berbantuan laboratorium virtual pada mata pelajaran dan jenjang pendidikan yang berbeda untuk menilai konsistensi efeknya terhadap keterampilan berpikir kritis. Selain itu, diperlukan analisis komparatif antarplatform laboratorium virtual untuk mengidentifikasi fitur spesifik yang paling berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis, sehingga pengembangan media digital ke depan tidak sekadar berorientasi pada visualisasi eksperimen, tetapi juga pada desain interaksi yang mendorong elaborasi kognitif mendalam.

Penelitian berikutnya perlu mengintegrasikan pendekatan mixed-method secara lebih kuat untuk menangkap dinamika proses berpikir kritis siswa selama fase inkuiri PBL, mengingat data kuantitatif saja cenderung tidak mampu menggambarkan kompleksitas perkembangan keterampilan tersebut. Kajian longitudinal juga sangat diperlukan untuk melihat keberlanjutan dampak model pembelajaran ini dalam jangka panjang. Peneliti selanjutnya juga dapat mengembangkan model PBL-lab virtual yang dipadukan dengan analitik pembelajaran (learning analytics) atau kecerdasan buatan untuk memetakan pola interaksi siswa secara real-time, sehingga model yang dihasilkan jauh lebih presisi dalam mendukung perkembangan kemampuan berpikir kritis.

DAFTAR PUSTAKA

- Arends, R. I. (2012). *Learning to teach, tenth edit.* McGrawHill Education.
- Achmad, W. K. S., & Utami, U. (2023). Sense-making of digital literacy for future education era: a literature review. *Jurnal Prima Edukasia*, 11(1), 47-53. <https://doi.org/10.21831/jpe.v11i1.52911>
- Alfiah, S., & Dwikoranto, D. (2022). Penerapan model problem based learning berbantuan laboratorium virtual PhET untuk meningkatkan HOTS siswa SMA. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 13(1), 9-18. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v13i1.11494>
- Anggrella, D. P., Rahmasiwi, A., Zulfa, T. A., & Hidayah, N. (2024). Pelatihan penggunaan digital learning dalam pembelajaran biologi melalui virtual laboratory (vlab) bagi guru biologi Se-Kabupaten Sukoharjo. *SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 8(3), 2302-2313.
- Elder, L., & Paul, R. (2009). Close reading, substantive writing and critical thinking: foundational skills essential to the educated mind. *Gifted Education International*, 25(3), 286-295. <https://doi.org/10.1177/026142940902500310>

- Ghozali, I. (2016). *Aplikasi analisis multivariate dengan program IBM SPSS19*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Hermansyah, H., Gunawan, G., & Herayanti, L. (2015). Pengaruh penggunaan laboratorium virtual terhadap penguasaan konsep dan kemampuan berpikir kreatif siswa pada materi getaran dan gelombang. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 1(2), 97-102. <https://doi.org/10.29303/jpft.v1i2.242>
- Irmayani, I., Prilliza, M. D., & Muslim, M. Z. (2023). Penerapan model Problem Based Learning untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik kelas XI F 8 di SMA Negeri 1 Mataram. *Jurnal Asimilasi Pendidikan*, 1(2), 47-55. <https://doi.org/10.61924/jasmin.v1i2.8>
- Jun, Z. H. O. U., & Li, Y. (2023). MG-CS: Micro-Genetic and Cuckoo Search algorithms for load-balancing and power minimization in cloud computing. *International Journal of Advanced Computer Science & Applications*, 14(11), 1149-1157. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.01411117>
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., Kelly, D. M., & Fishbein, B. (2020). *TIMSS 2019 international results in mathematics and science*. Boston Collage, TIMSS & PIRLS International Study Center.
- Muhajarah, K., & Sulthon, M. (2020). Pengembangan laboratorium virtual sebagai media pembelajaran: peluang dan tantangan. *Justek: Jurnal Sains dan Teknologi*, 3(2), 77-83. <https://doi.org/10.31764/justek.v3i2.3553>
- Mthiyane, N. P., & Jarvis, J. (2024). Internationalisation—Dispelling The Myth of African Inferiority. *Critical Studies in Teaching and Learning*, 12(1), 85-103. <https://doi.org/10.14426/cristal.v12i1.2080>
- Putranta, H. & Kuswanto, H. (2018). Improving students' critical thinking ability using Problem Based Learning (PBL) learning model based on PhET Simulation. *SAR Journal*, 1(3), 77-87. <https://doi.org/10.18421/SAR13-02>
- Rerung, N., Sinon, I. L., & Widyaningsih, S. W. (2017). Penerapan model pembelajaran Problem Based Learning (PBL) untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik SMA pada materi usaha dan energi. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 6(1), 47-55. <http://dx.doi.org/10.24042/jpifalbiruni.v6i1.597>
- Sari, R. T., Angreni, S., & Salsa, F. J. (2022). Pengembangan virtual-Lab berbasis STEM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(2), 391-402. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v10i2.23833>
- Sudarmini, Y., & Hadiwijaya, A. S. (2015). Pembelajaran fisika berbasis inkuiri terbimbing dengan menggunakan LKS untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis ditinjau dari sikap ilmiah siswa Madrasah Aliyah Qamarul Huda Bagu Lombok Tengah. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 1(1), 35-48. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v1i1.4>
- Sulthon, M., Pujiastuti, P., & Retnawati, H. (2021). What is the teacher's challenge on the developing of learning media to increase critical thinking ability and the character. *Jurnal Prima Edukasia*, 9(1), 55-64. <https://doi.org/10.21831/jpe.v9i1.34876>
- Wahyudi, M. N. A., Budiyanto, C. W., Widiastuti, I., Hatta, P., & bin Bakar, M. S. (2024). Understanding virtual laboratories in engineering education: a systematic literature review. *International Journal of Pedagogy and Teacher Education*, 7(2), 102-118. <https://doi.org/10.20961/ijpte.v7i2.85271>
- Yani, Y., Fajra, T. N., & Yulisma, L. (2023). Implementasi model Problem Based Learning terhadap kemampuan berpikir kritis dan berpikir kreatif. *Bioed: Jurnal Pendidikan Biologi*, 11(1), 39-46. <http://dx.doi.org/10.25157/jpb.v11i1.10161>
- Yulianti, E., & Gunawan, I. (2019). Model pembelajaran Problem Based Learning (PBL): Efeknya terhadap pemahaman konsep dan berpikir kritis. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 2(3), 399-408.

Torrance, E. P. (1976). *Guiding creative talent*. Robert E. Krieger Publishing Company.