

EFEKTIVITAS PJBL-STEM BERBASIS PROYEK FILTRASI AIR TERHADAP KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMP

Melvin Aldila¹, Nasyabil Kamula², Jasmawati^{3*}, Yulia Sukmawardhani⁴, Sumiyati Saadah⁵

¹⁻⁵Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati, Bandung, Indonesia

* Email: 2259450031@student.uinsgd.ac.id

Diterima: 22 Februari 2026

Direvisi: 16 April 2026

Publikasi: 13 Mei 2026

Abstract

This study aimed to determine the effectiveness of STEM-integrated Project-Based Learning (PJBL-STEM) in improving junior high school students' critical thinking skills through a water filtration project. The study employed a quantitative approach with a one-group pretest-posttest design. The research subjects consisted of 47 ninth-grade students selected using a saturated sampling technique. Data were collected through a critical thinking skills test administered before and after the implementation of PJBL-STEM learning. The test was designed to measure students' abilities in analyzing problems, evaluating information, and drawing conclusions based on scientific evidence. Data analysis was conducted using the N-Gain test to determine the level of improvement in students' critical thinking skills after the implementation of PJBL-STEM learning. The results showed that the average pretest score of 63 increased to 92 in the posttest, with an N-Gain score of 79%, which falls into the high category. A total of 76.6% of students were categorized in the high N-Gain category, 21.3% in the medium category, and 2.1% in the low category. Students demonstrated improvements in identifying water quality problems, designing filtration tools, analyzing experimental results, and evaluating the effectiveness of their designs. These findings indicate that PJBL-STEM learning through a water filtration project is effective in enhancing students' critical thinking skills and providing a more contextual science learning experience.

Keywords: Critical Thinking Skills; STEM Education; PBL; Water Filtration; Science Learning

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas pembelajaran Project-Based Learning terintegrasi STEM (PJBL-STEM) dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMP melalui proyek filtrasi air. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain one-group pretest-posttest. Subjek penelitian terdiri atas 47 siswa kelas IX yang dipilih menggunakan teknik sampling jenuh. Pengumpulan data dilakukan melalui tes keterampilan berpikir kritis yang diberikan sebelum dan sesudah penerapan pembelajaran PJBL-STEM. Tes bertujuan mengukur kemampuan siswa dalam menganalisis permasalahan, mengevaluasi informasi, dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti ilmiah. Analisis data dilakukan menggunakan uji N-Gain untuk mengetahui tingkat peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa setelah penerapan pembelajaran PJBL-STEM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai pretest siswa sebesar 63 meningkat menjadi 92 pada posttest dengan nilai N-Gain sebesar 79% yang termasuk dalam kategori tinggi. Sebanyak 76,6% siswa berada pada kategori N-Gain tinggi, 21,3% pada kategori sedang, dan 2,1% pada kategori rendah. Siswa menunjukkan peningkatan kemampuan dalam mengidentifikasi masalah kualitas air, merancang alat filtrasi, menganalisis hasil percobaan, serta mengevaluasi efektivitas rancangan. Hasil ini menunjukkan bahwa pembelajaran PJBL-STEM melalui proyek filtrasi air efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dan memberikan pengalaman belajar IPA yang lebih kontekstual.

Kata kunci: Keterampilan Berpikir Kritis; STEM; PBL; Filtrasi Air; Pembelajaran IPA

PENDAHULUAN

Kemampuan berpikir kritis (*critical thinking*) kini dianggap sebagai salah satu kompetensi inti yang harus dikembangkan dalam

pendidikan formal abad ke-21 (Lafifa et al., 2023). Berpikir kritis melibatkan proses berpikir yang terorganisir dan sistematis dalam mengevaluasi, menganalisis masalah,

mempertimbangkan bukti, serta menarik kesimpulan logis dan rasional (Ochildinovna, 2024). Selain itu, keterampilan ini berpeluang untuk menjadikan siswa menjadi pembelajar mandiri, mampu mempertanyakan asumsi, menilai argumen secara objektif, dan dapat mengambil keputusan berdasarkan analisis kritis bukan hanya sebagai penerima informasi yang pasif (Ariadila et al., 2023). Oleh karena itu, pendidikan yang efektif tidak hanya berfokus pada penguasaan konten saja, melainkan pada pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi seperti berpikir kritis yang menjadi bekal siswa dalam menghadapi kompleksitas masalah di kehidupan nyata (Ramadani et al., 2025).

Ditinjau dari fakta lapangan, metode pembelajaran konvensional (*teacher-centered*) masih banyak digunakan di sekolah, sejumlah penelitian menunjukkan bahwa pendekatan ini kurang efektif dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa (Ramadhan & Mardin, 2023; Sulisworo et al., 2021). Sebuah studi komparatif menemukan bahwa siswa yang belajar dengan model konvensional memiliki kemampuan berpikir kritis lebih rendah dibanding siswa yang belajar dengan model berbasis masalah (*problem-based learning*) atau model kontekstual/aktif (Sitorus & Nazaruddin, 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Fajra et al. (2023) menghasilkan bahwa pembelajaran aktif (*active learning*) secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir kritis dibandingkan pembelajaran tradisional. Dalam konteks pendidikan IPA pada tingkat menengah, pendekatan konstruktivisme (*student-centered learning*) dibandingkan dengan pendekatan tradisional terbukti lebih efektif untuk memperoleh pemahaman bermakna dan kompetensi berpikir kritis dari pada pendekatan tradisional (Anggraini & Dwi Puspita, 2024).

Pendekatan STEM, yaitu integrasi antara Sains (*Science*), Teknologi (*Technology*), Rekayasa (*Engineering*), dan Matematika

(*Mathematics*) muncul sebagai model pembelajaran yang potensial yang dapat menumbuhkan kemampuan berpikir kritis serta keterampilan abad ke-21 lainnya (Lafifa et al., 2023). Model pembelajaran STEM menuntut siswa untuk terlibat dalam kegiatan pembelajaran yang bersifat interdisipliner, dan kontekstual, sehingga siswa tidak hanya berperan sebagai penerima teori, namun siswa diharuskan merancang, bereksperimen, menganalisis, dan memecahkan suatu permasalahan nyata (Aini et al., 2025). Penelitian yang dilakukan oleh (Nurdiana et al., 2024) menunjukkan bahwa penerapan STEM-PJBL (*Project Based Learning*) dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada topik magnet, listrik, dan teknologi.

Penelitian empiris di Indonesia mendukung efektivitas pendekatan STEM dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Aini et al., (2025) pada penelitiannya terhadap siswa SMP topik energi alternatif menunjukkan terjadi peningkatan signifikan pada keterampilan berpikir kritis setelah penerapan model pembelajaran STEM-PJBL. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Lestari & Muhajir, 2021) pada materi fluida statis tingkat SMA menunjukkan bahwa pendekatan STEM berhasil meningkatkan kemampuan berpikir kritis meskipun dengan peningkatan sedang. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan pendekatan STEM di jenjang pendidikan menengah dapat menjadi pilihan strategi sebagai pembelajaran yang efektif dalam membangun keterampilan berpikir kritis siswa.

Berbagai penelitian empiris di Indonesia menunjukkan bahwa pendekatan STEM efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada pembelajaran IPA. Penelitian pada jenjang SMP dan SMA melaporkan adanya peningkatan kemampuan berpikir kritis pada berbagai topik, seperti energi alternatif dan fluida statis, meskipun dengan tingkat

peningkatan yang bervariasi (Lestari & Muhajir, 2021; Aini et al., 2025). Namun demikian, efektivitas pembelajaran STEM tidak bersifat otomatis dan sangat dipengaruhi oleh kualitas perancangan pembelajaran, integrasi antara komponen STEM, serta ketepatan instrumen penilaian yang digunakan. Beberapa penelitian menegaskan bahwa implementasi STEM tanpa perencanaan yang matang berpotensi menghasilkan capaian yang tidak merata antar kelas maupun antar sekolah (Rahmawati, 2025; Nurdiana et al., 2024).

Meskipun berbagai penelitian telah membuktikan bahwa pembelajaran berbasis STEM dan PJBL mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, sebagian besar studi masih berfokus pada topik-topik abstrak dan dilakukan pada jenjang pendidikan menengah atas. Penelitian yang mengintegrasikan PJBL-STEM melalui proyek autentik berbasis isu lingkungan nyata, khususnya pada jenjang SMP, masih relatif terbatas. Selain itu, implementasi PJBL-STEM yang dikaji secara kuantitatif menggunakan analisis N-Gain untuk melihat efektivitas peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa dalam konteks sekolah dengan keterbatasan sarana pembelajaran juga belum banyak dilaporkan. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan pada penerapan PJBL-STEM melalui proyek filtrasi air sebagai konteks pembelajaran IPA yang kontekstual dan aplikatif bagi siswa SMP.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas pembelajaran PJBL-STEM melalui proyek filtrasi air terhadap keterampilan berpikir kritis siswa SMP. Efektivitas pembelajaran dianalisis melalui perbandingan hasil pretest dan posttest serta perhitungan nilai N-Gain sebagai indikator peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa. Proyek seperti ini tidak hanya memungkinkan siswa menerapkan prinsip-prinsip sains dan

rekayasa secara konkret, tetapi juga mendorong siswa berpikir secara kritis seperti menganalisis masalah kualitas air, merancang solusi, menguji filtrasi, dan mengevaluasi hasil dari kegiatan tersebut. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baru terhadap literatur, bukan hanya memperkuat bukti efektivitas STEM dalam konteks umum, namun juga menguji adaptasi STEM dalam lingkungan dan kebutuhan nyata di sekolah menengah pertama (SMP).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *one-group pretest-posttest*. Desain ini digunakan untuk mengetahui efektivitas penerapan pembelajaran PJBL-STEM melalui proyek filtrasi air terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa. Pengukuran dilakukan sebelum dan sesudah perlakuan pembelajaran untuk mengetahui perubahan kemampuan berpikir kritis siswa berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest*.

Subjek penelitian ini adalah 47 siswa kelas IX SMPS Plus Al-Ittihad tahun ajaran 2025/2026. Teknik pengambilan sampel menggunakan *sampling jenuh* karena jumlah populasi terbatas sehingga seluruh siswa dalam satu kelas dijadikan subjek penelitian. Seluruh peserta didik mengikuti pembelajaran PJBL-STEM melalui proyek pembuatan alat filtrasi air sederhana.

Instrumen penelitian yang digunakan berupa tes keterampilan berpikir kritis dalam bentuk soal pilihan ganda beralasan. Instrumen disusun berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis yang meliputi kemampuan menganalisis permasalahan, mengevaluasi informasi, dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti ilmiah. Soal disesuaikan dengan konteks pembelajaran IPA pada proyek filtrasi air. Validitas instrumen dilakukan melalui validasi ahli oleh guru mata pelajaran IPA untuk memastikan kesesuaian isi,

kejelasan indikator, dan keterukuran aspek berpikir kritis yang dinilai.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahap. Tahap pertama yaitu pemberian *pretest* untuk mengetahui kemampuan awal berpikir kritis siswa sebelum penerapan pembelajaran PJBL-STEM. Tahap kedua yaitu pelaksanaan pembelajaran berbasis proyek filtrasi air menggunakan pendekatan PJBL-STEM. Selama proses pembelajaran berlangsung, dilakukan observasi aktivitas siswa dan dokumentasi sebagai data pendukung keterlaksanaan pembelajaran. Tahap terakhir yaitu pemberian *posttest* setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai dilaksanakan untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa.

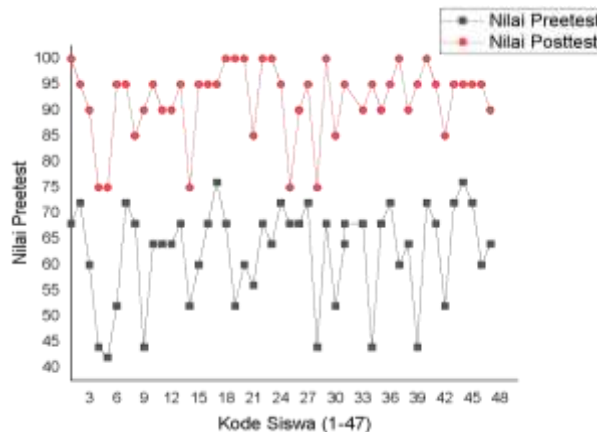
Teknik analisis data dilakukan terhadap hasil *pretest* dan *posttest* menggunakan uji N-Gain untuk mengetahui tingkat peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa setelah penerapan pembelajaran PJBL-STEM. Perhitungan N-Gain dilakukan dengan membandingkan skor *pretest* dan *posttest* masing-masing siswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan keterampilan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah penerapan pembelajaran PJBL-STEM melalui proyek filtrasi air. Berdasarkan skor *pretest*, kemampuan berpikir kritis siswa pada tahap awal masih berada pada kategori rendah hingga sedang. Siswa cenderung mengalami kesulitan dalam menganalisis permasalahan kontekstual, mengevaluasi informasi yang diberikan, serta menarik kesimpulan berdasarkan bukti ilmiah secara sistematis.

Setelah penerapan pembelajaran PJBL-STEM, skor *posttest* menunjukkan peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa secara keseluruhan. Siswa mulai mampu

mengidentifikasi permasalahan kualitas air, menganalisis proses filtrasi, serta memberikan alasan logis terhadap efektivitas rancangan alat filtrasi yang dibuat. Perubahan ini mengindikasikan bahwa keterlibatan aktif siswa dalam proyek berbasis STEM berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis. Adapun grafik dari *pretest* & *posttest* persiswanya sebagai berikut.



Gambar 1. Grafik Nilai Pretest-Posttest

Untuk mengetahui efektivitas pembelajaran PJBL-STEM, data hasil *pretest* dan *posttest* dianalisis menggunakan uji N-Gain. Hasil perhitungan N-Gain menunjukkan bahwa sebagian besar siswa mengalami peningkatan kemampuan berpikir kritis pada kategori sedang. Beberapa siswa mencapai kategori tinggi, sedangkan sebagian kecil masih berada pada kategori rendah.

Tabel 1. Rekapitulasi Nilai Pretest Posttest dan N-Gain

Statistik	Pretest	Posttest
Jumlah Siswa	47	47
Nilai Rata-Rata	63	92
Skor N-Gain (%)	79	

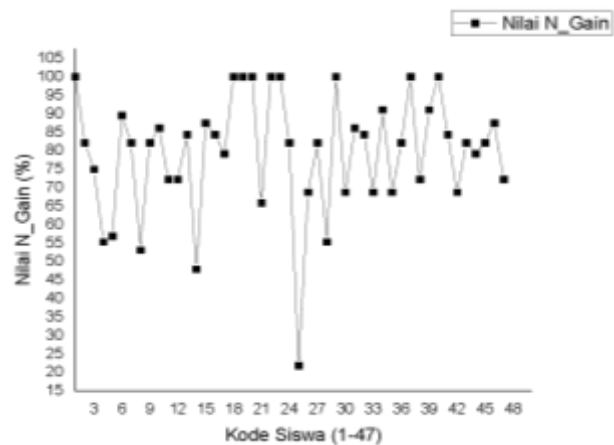
Berdasarkan Tabel 1 analisis peningkatan keterampilan berpikir kritis dilakukan menggunakan uji N-Gain berdasarkan skor rata-rata *pretest* dan *posttest* siswa. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus Hake, yaitu selisih skor *posttest* dan *pretest* dibagi selisih skor maksimum dan skor *pretest*. Berdasarkan

hasil perhitungan, diperoleh nilai N-Gain sebesar 78,37% yang dibulatkan menjadi 79% dengan kategori tinggi.

Secara umum, nilai N-Gain yang diperoleh menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran PJBL-STEM melalui proyek filtrasi air efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMP. Peningkatan ini mencerminkan bahwa pembelajaran yang mengintegrasikan aktivitas sains, teknologi, engineering, dan matematika dalam konteks proyek nyata mampu membantu siswa membangun pemahaman yang lebih mendalam serta melatih kemampuan analisis dan evaluasi secara berkelanjutan.

Berdasarkan hasil analisis N-Gain, sebanyak 36 siswa (76,6%) berada pada kategori tinggi, 10 siswa (21,3%) berada pada kategori sedang, dan 1 siswa (2,1%) berada pada kategori rendah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran PJBL-STEM melalui proyek filtrasi air mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada kategori tinggi. Nilai N-Gain yang berada pada kategori sedang hingga tinggi tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran PJBL-STEM melalui proyek filtrasi air memiliki tingkat efektivitas yang cukup kuat dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMP.

Peningkatan keterampilan berpikir kritis yang ditunjukkan melalui nilai N-Gain mengindikasikan bahwa pembelajaran PJBL-STEM memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna. Kegiatan merancang, menguji, dan mengevaluasi alat filtrasi air mendorong siswa untuk berpikir secara reflektif dan berbasis bukti (Pada Gambar 2). Dengan demikian, hasil ini memperkuat temuan bahwa pendekatan PJBL-STEM tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep IPA, tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa secara terukur.



Gambar 2. Grafik Nilai N-Gain

Kondisi awal pembelajaran IPA di SMPS Plus Al-Ittihad menunjukkan bahwa proses pembelajaran masih cenderung berpusat pada guru, dengan aktivitas praktikum yang terbatas pada demonstrasi tanpa melibatkan siswa dalam analisis data, penyelidikan, maupun evaluasi hasil eksperimen. Situasi tersebut mengindikasikan bahwa keterampilan berpikir kritis siswa belum berkembang secara optimal. Temuan ini sejalan dengan Astawan et al., (2023) yang menyatakan bahwa pembelajaran konvensional yang menekankan hafalan konsep kurang efektif dalam melatih kemampuan analisis dan refleksi ilmiah siswa.

Penerapan pembelajaran PJBL-STEM melalui proyek pembuatan alat filtrasi air memberikan perubahan pada pola pembelajaran di kelas. Siswa tidak hanya terlibat dalam aktivitas praktik, tetapi juga dilatih untuk merancang solusi, menguji efektivitas filtrasi, serta mengevaluasi hasil berdasarkan prinsip sains dan rekayasa. Integrasi empat komponen STEM dalam satu rangkaian proyek mendorong siswa untuk mengaitkan konsep teoritis dengan permasalahan nyata di lingkungan sekitar. Kondisi ini memperlihatkan bahwa pembelajaran berbasis proyek yang kontekstual mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna dibandingkan pembelajaran berbasis demonstrasi semata.

Implementasi pembelajaran berbasis STEM melalui proyek pembuatan filtrasi air sederhana mengubah peran siswa menjadi lebih aktif dan investigatif. Siswa merancang alat filtrasi air sederhana, menguji kualitas air, serta mengevaluasi efektivitas rancangan. Proses ini mengintegrasikan empat pilar STEM yaitu Science, Technology, Engineering, dan Mathematics sehingga siswa tidak hanya memahami teori, tetapi juga mengaplikasikannya dalam konteks nyata di kehidupan sehari-hari. Penelitian kuasi eksperimental oleh Astawan et al., (2023) membuktikan bahwa pembelajaran STEM mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa secara signifikan dibandingkan pembelajaran tradisional atau konvensional.

Hasil peningkatan keterampilan berpikir kritis yang dianalisis melalui nilai N-Gain menunjukkan bahwa pembelajaran PJBL-STEM berada pada tingkat efektivitas sedang hingga tinggi. Temuan ini mengindikasikan bahwa keterlibatan aktif siswa dalam proses perancangan, pengujian, dan evaluasi alat filtrasi air berkontribusi terhadap penguatan kemampuan analitis dan evaluatif siswa. Hasil tersebut konsisten dengan penelitian Yreck (2024) yang melaporkan bahwa siswa yang mengikuti pembelajaran berbasis STEM menunjukkan kemampuan berpikir kritis yang lebih baik dibandingkan siswa yang mengikuti pembelajaran non-STEM. Selain itu, Kusyanto et al., (2022) juga menegaskan bahwa pendekatan STEM tidak hanya meningkatkan keterampilan berpikir kritis, tetapi juga memperkuat kepercayaan diri siswa dalam menyelesaikan permasalahan ilmiah.

Temuan penelitian ini juga memperkuat hasil tinjauan sistematis yang dilakukan oleh Azizah et al., (2025), yang menyatakan bahwa integrasi STEM dalam pembelajaran berkontribusi signifikan terhadap

pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Dalam konteks penelitian ini, penggunaan proyek filtrasi air sebagai konteks lokal pembelajaran IPA memberikan ruang bagi siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis melalui aktivitas yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Hal ini sejalan dengan Putri & Widodo (2025) yang menekankan bahwa pembelajaran STEM yang dikaitkan dengan konteks lokal cenderung lebih efektif dalam membangun keterampilan berpikir kritis siswa.

Meskipun menunjukkan efektivitas yang positif, hasil penelitian ini juga mengindikasikan bahwa peningkatan keterampilan berpikir kritis belum sepenuhnya merata pada seluruh siswa. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas pembelajaran PJBL-STEM dipengaruhi oleh berbagai faktor kontekstual, seperti kesiapan guru dalam merancang pembelajaran berbasis proyek, ketersediaan sarana dan prasarana, serta ketepatan instrumen penilaian yang digunakan. Temuan ini sejalan dengan meta-analisis Ilma et al., (2023) yang menegaskan bahwa implementasi STEM tanpa perencanaan yang matang dapat menghasilkan variasi capaian antar sekolah. Oleh karena itu, perencanaan pembelajaran yang sistematis dan dukungan fasilitas yang memadai menjadi faktor penting agar pembelajaran PJBL-STEM dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa secara berkelanjutan.

KESIMPULAN

Implementasi pembelajaran berbasis STEM melalui kegiatan pembuatan alat filtrasi air sederhana di SMPS Plus Al-Ittihad terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Efektivitas tersebut ditunjukkan melalui peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa yang berada pada kategori sedang hingga tinggi berdasarkan analisis N-Gain, terutama pada aspek menganalisis

permasalahan, mengevaluasi informasi, dan menarik kesimpulan berbasis bukti. Sebelum intervensi, siswa menunjukkan kecenderungan belajar pasif dan kurang terlatih menganalisis data. Setelah implementasi, terjadi peningkatan signifikan keterampilan berpikir kritis, yang ditandai oleh kemampuan siswa dalam menafsirkan informasi, mengevaluasi hasil eksperimen, dan menyusun argumen ilmiah berbasis bukti. Integrasi empat komponen STEM dalam konteks praktikum nyata membuat pembelajaran IPA lebih bermakna dan aplikatif. Hasil ini menegaskan bahwa pendekatan STEM dapat menjadi strategi efektif untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi di tingkat SMP, sekaligus memberikan kontribusi terhadap upaya penguatan literasi sains di sekolah.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, J. N., Rusnayati, H., & Kaniawati, I. (2025). Enhancing Students' Critical Thinking Skills on the Alternative Energy Topic in Junior High School Through Integrated STEM-PjBL Model. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 16(3), 252-260.
<https://doi.org/10.26877/jp2f.v16i3.1879>
- Anggraini, A. T., & Puspita, R. D. (2024). Perbandingan Hasil Belajar Siswa Dengan Pendekatan Konstruktivisme Versus Pendekatan Tradisional Dalam Mata Pelajaran Ipa Kelas Vii. *SCIENCE: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 4(4), 538-546.
- Ariadila, S. N., Silalahi, Y. F. N., Fadiyah, F. H., Jamaludin, U., & Setiawan, S. (2023). Analisis pentingnya keterampilan berpikir kritis terhadap pembelajaran bagi siswa. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(20), 664-669.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.8436970>
- Astawan, I. G., Suarjana, I. M., Werang, B. R., Asaloei, S. I., Sianturi, M., & Elele, E. C. (2023). Stem-based scientific learning and its impact on students' critical and creative thinking skills: an empirical study. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(3), 482-492.
<https://doi.org/10.15294/jpii.v12i3.46882>
- Azizah, F., Waluya, S. B., & Ardiansyah, A. S. (2025). Systematic Review on Critical Thinking through STEM Integrated Learning in Education. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 13(6), 1384-1398.
<https://doi.org/10.46328/ijemst.5106>
- Ochildinovna, N. D. (2024). The importance of critical thinking in modern education. *World Bulletin of Social Sciences*, 34, 127-131.
- Fajra, R. R., Syachruraji, A., & Rokmanah, S. (2023). Metode pembelajaran aktif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa sekolah dasar. *Jurnal Dunia Pendidikan*, 4(1), 122-129.
<https://doi.org/10.55081/jurdisp.v4i1.1468>
- Haetami, M. (2023). The effect of STEM-based differentiated learning to improve students' critical thinking skills: A meta-analysis study. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, 9(4), 2277-2286.
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i9.5084>
- Ilma, A. Z. Wilujeng, I., Nurtanto, M., & Kholifah, N. (2023). A Systematic Literature Review of STEM Education in Indonesia (2016-2021): Contribution to Improving Skills in 21st Century Learning. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 13(2), 134-146.
<https://doi.org/10.47750/pegegog.13.02.17>
- Kusyanto, K., Irwan, E., & Yazid, I. (2022). Implementasi pendekatan STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis, berpikir kreatif dan self-efficacy. *Pasundan Journal of Mathematics Education: Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(2), 1-16.
<https://doi.org/10.23969/pjme.v12i2.5438>
- Lafifa, F., Rosana, D., Suyanta, S., Nurohman, S., & Dwi Astuti, S. R. (2023a). Integrated STEM Approach to Improve 21st Century

- Skills in Indonesia: A Systematic Review. *International Journal of STEM Education for Sustainability*, 3(2), 252–267. <https://doi.org/10.53889/ijses.v3i2.219>
- Lestari, I. F., & Muhajir, S. N. (2021). Pendekatan STEM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi fluida statis. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 1(2), 62–68. <https://doi.org/10.52434/jpif.v1i2.1483>
- Nurdiana, L., Winaryati, E., Maharani, E. T. W., Ikhsan, Z. H., Rauf, R. A. A., & Salaffudin, A. (2024). Implementation of STEM-Integrated PjBL Based on Lesson Study: Improving Students' Critical Thinking Skills. *Journal of Educational Chemistry (JEC)*, 6(2), 71–84. <https://doi.org/10.21580/jec.2024.6.2.22640>
- Putri, A. D., & Widodo, H. (2025). Ethno-STEM based learning to enhance critical thinking skills in primary school students: A case study. *Journal of Innovative Research in Education and Pedagogy*, 3(1), 44–58. <https://doi.org/10.56916/jirpe.v4i3.1442>
- Rahmawati, A. (2025, June). Integrating STEM-Based Learning to Improve Critical Thinking Skills Among Elementary School Students. In *Proceeding International Conference of Innovation Science, Technology, Education, Children and Health* (Vol. 5, No. 1, pp. 728–739). <https://doi.org/10.62951/icistech.v5i1.171>
- Ramadhan, A., & Mardin, S. (2023). Problem-based learning: Improving critical thinking abilities, science literacy and students' independence in biology. *International Journal of Science and Research Archive*, 10(2), 772–779. <https://doi.org/10.30574/ijstra.2023.10.2.0982>
- Ramadani, S., Sinaga, P., & Liliawati, W. (2025). Critical Thinking in Science Learning: Systematic Literature Review. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat*, 4(1), 183–196. <https://doi.org/10.46843/jpm.v4i1.378>
- Sitorus, R. M., & Nazaruddin, I. (2021). Perbedaan kemampuan berpikir kreatif dan berpikir kritis siswa yang diajar menggunakan pembelajaran konvensional dengan kontekstual. *FARABI: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 4(1), 1–17. <https://doi.org/10.47662/farabi.v4i1.78>
- Winarti, W., Sulisworo, D., & Kaliappen, N. (2021). Evaluation of STEM-Based Physics Learning on Students' Critical Thinking Skills: A Systematic Literature Review. *Indonesian Review of Physics (IRiP)*, 4(2), 61–69. <https://doi.org/10.12928/irip.v4i2.3814>
- Yreck, S. (2024). The Effectiveness of STEM Education Programs on Enhancing Critical Thinking Skills Among High School Students in Malaysia. *Journal of Asian Multicultural Research for Educational Study*, 5(2), 8–16. <https://doi.org/10.47616/jamres.v5i2.531>