



## Uji N-Gain pada Implementasi STEM pada Model Pembelajaran *Problem Based Learning* terhadap Keterampilan Berpikir Kritis

Dea Marsanda Condong<sup>1</sup>, Mangara Sihaloho<sup>1\*</sup>, Thayban Thayban<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo 96554, Indonesia

\*Corresponding author: [mangara.sihaloho@ung.ac.id](mailto:mangara.sihaloho@ung.ac.id)

DOI: <https://doi.org/10.34312/je.v21i1.37561>

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh model pembelajaran Problem-Based Learning (PBL) yang terintegrasi dengan STEM terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi Termokimia. Metode yang digunakan adalah desain eksperimen dengan kelompok eksperimen yang mengikuti pembelajaran berbasis PBL-STEM dan kelompok kontrol yang mengikuti pembelajaran konvensional. Pengukuran keterampilan berpikir kritis dilakukan menggunakan Uji N-Gain yang mengukur perubahan antara pre-test dan post-test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan model PBL-STEM berhasil meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, dengan nilai N-Gain tertinggi pada indikator Interpretasi (0,78) dan Analisis (0,70), yang termasuk dalam kategori tinggi. Sementara itu, indikator Evaluasi (0,67), Inferensi (0,63), dan Penjelasan (0,52) menunjukkan peningkatan dalam kategori sedang. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran berbasis PBL-STEM efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, dengan dampak yang lebih signifikan pada kemampuan analisis dan interpretasi informasi. Model pembelajaran ini dapat diterapkan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran sains di tingkat menengah.

**Kata kunci:** PBL-STEM; keterampilan berpikir kritis; N-Gain; Termokimia

### Abstract

*This study aims to examine the effect of Problem-Based Learning (PBL) integrated with STEM on improving students' critical thinking skills in Thermochemistry. The method used is an experimental design with an experimental group following PBL-STEM learning and a control group following conventional learning. Critical thinking skills were measured using the N-Gain Test, which assesses the changes between pre-test and post-test. The results show that the implementation of the PBL-STEM model successfully improved students' critical thinking skills, with the highest N-Gain values in the Interpretation (0.78) and Analysis (0.70) indicators, categorized as high. Meanwhile, the Evaluation (0.67), Inference (0.63), and Explanation (0.52) indicators showed improvement in the moderate category. Based on these results, it can be concluded that PBL-STEM learning is effective in enhancing students' critical thinking skills, with a more significant impact on the ability to analyze and interpret information. This learning model can be applied to improve critical thinking skills in science education at the secondary level.*

**Keywords:** PBL-STEM; critical thinking skills; N-Gain; Thermochemistry,

### The format cites this article in APA style:

Condong, D. M., Sihaloho, M., & Thayban, T. (2026). Uji N-Gain pada Implementasi STEM pada Model Pembelajaran Problem Based Learning terhadap Keterampilan Berpikir Kritis. *Jurnal Entropi*, 21(1), 15-21. <https://doi.org/10.34312/je.v21i1.37561>

## PENDAHULUAN

Pendidikan abad ke-21 menuntut untuk menghasilkan peserta didik yang tidak hanya

menguasai konten akademik, tetapi juga memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi (higher-order thinking skills), termasuk

keterampilan berpikir kritis, kreativitas, dan keterampilan kolaboratif (collaboration) yang relevan dengan tuntutan dunia kerja modern (Retno, 2025). Salah satu pendekatan pedagogis yang secara konsisten diidentifikasi dalam literatur sebagai strategi efektif untuk mengembangkan kompetensi ini adalah integrasi pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) dengan Problem-Based Learning (PBL) atau pembelajaran berbasis Problem.

Integrasi STEM dengan PBL bertujuan untuk mengatasi keterbatasan model pembelajaran konvensional dengan menghadirkan tugas autentik yang menuntut siswa menggabungkan berbagai disiplin ilmu untuk memecahkan masalah kompleks (Wulandary, 2025). Pendekatan ini memberi ruang bagi siswa untuk menerapkan konsep-konsep STEM dalam konteks dunia nyata, sehingga tidak hanya memperdalam pemahaman konseptual tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan analitis. Penelitian empiris terbaru menunjukkan bahwa desain pembelajaran yang menggabungkan STEM dan PBL terbukti dapat meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan hasil belajar secara signifikan (Wulandary, 2025; Ikhsan, 2025).

PBL, sebagai suatu kerangka pembelajaran, telah dipandang sebagai wadah yang efektif untuk mengintegrasikan disiplin ilmu STEM karena karakteristiknya yang berbasis inkuiri, kolaboratif, dan berorientasi pada penyelesaian masalah kompleks. PBL memfasilitasi siswa untuk bekerja dalam kelompok, mengevaluasi bukti, merancang solusi, serta mengambil keputusan bermakna melalui pengalaman langsung (hands-on experiences) yang autentik (Yu & Mohamed Zin, 2023). Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan PBL dalam konteks STEM secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa di berbagai jenjang pendidikan. Misalnya, penerapan STEM-PBL terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis serta

motivasi belajar siswa pada mata pelajaran IPA melalui kegiatan Problem yang kontekstual dan reflektif (Hartono, 2024; Surya, 2025).

Literatur juga menegaskan bahwa integrasi STEM-PBL tidak hanya berdampak pada peningkatan keterampilan berpikir kritis, tetapi juga memacu keterampilan lain yang termasuk dalam kompetensi abad ke-21, seperti kreativitas, komunikasi ilmiah, dan keterampilan kolaboratif. Sebuah studi yang dikembangkan dalam konteks pendidikan bahasa Inggris menunjukkan bahwa integrasi STEM-PBL berkontribusi secara signifikan terhadap pengembangan kreativitas siswa melalui praktik berpikir kritis dan kolaborasi selama tahap implementasi Problem (Iryani & Suryadi, 2025). Demikian pula, pengembangan media pembelajaran berbasis STEM-PBL terbukti meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreativitas siswa melalui modul pembelajaran digital yang responsif terhadap kebutuhan pembelajaran abad ke-21 (Ayu et al., 2025). Temuan ini konsisten dengan hasil studi terdahulu yang menunjukkan hubungan positif antara PBL dan pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi sebagai respons terhadap tuntutan keterampilan global (Retno, 2025; Roslina, 2022).

Konteks implementasi pendidikan STEM-PBL juga menunjukkan adanya potensi peningkatan motivasi belajar siswa, yang sering kali menjadi kendala pada model pembelajaran tradisional. Menurut penelitian Hartono (2024), siswa menunjukkan peningkatan motivasi dan keterlibatan belajar ketika diberikan Problem STEM yang bermakna dan diarahkan untuk memecahkan masalah kontekstual. Motivasi yang meningkat ini berdampak langsung pada hasil belajar siswa, terutama dalam pemahaman konsep dan penerapan keterampilan berpikir kritis dalam konteks yang kompleks.

Keterampilan berpikir kritis sendiri telah diidentifikasi sebagai elemen inti dalam pendidikan modern. Berpikir kritis didefinisikan sebagai kemampuan untuk menganalisis,

mengevaluasi, dan membuat keputusan dengan menggunakan bukti secara logis dan sistematis (logical reasoning) untuk memecahkan masalah nyata. Secara empiris, pendekatan PBL telah terbukti dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa di berbagai konteks pembelajaran. Misalnya, penelitian yang mengkaji penggunaan model PBL dalam pembelajaran IPA menunjukkan perbedaan signifikan pada kemampuan berpikir kritis siswa yang diajar dengan pendekatan PBL dibandingkan dengan model pembelajaran ekspositori tradisional (Darmawati & Mustadi, 2025). Temuan ini sejalan dengan hasil meta-analisis yang menunjukkan bahwa PBL dapat secara efektif mengembangkan keterampilan berpikir kritis jika dirancang dengan kegiatan berpikir tingkat tinggi dan penilaian reflektif yang tepat (Yu & Mohamed Zin, 2023).

Selanjutnya, pendekatan integratif STEM-PBL juga menekankan pentingnya evaluasi berkelanjutan dan umpan balik yang informatif selama proses pembelajaran. Evaluasi berbasis Problem dan refleksi diri melalui e-portfolio atau media digital lainnya dapat membantu siswa untuk memahami kekuatan dan kelemahan mereka dalam menghadapi tantangan pembelajaran kompleks. Dengan demikian, refleksi dan evaluasi diri menjadi bagian integral dari pengembangan keterampilan berpikir kritis yang berkelanjutan (Wijayati, 2025). Urgensi pendekatan evaluatif ini semakin penting mengingat siswa tidak hanya perlu memahami konten tetapi juga perlu memonitor proses belajar mereka secara reflektif untuk meningkatkan metakognisi dan pengambilan keputusan berbasis bukti.

Dalam konteks penelitian pendidikan, salah satu metode kuantitatif yang sering digunakan untuk menilai efektivitas intervensi pembelajaran seperti STEM-PBL adalah uji N-Gain. Uji N-Gain mengukur perubahan kemampuan peserta didik antara kondisi sebelum (pre-test) dan sesudah (post-test) intervensi, dengan mempertimbangkan jarak

maksimal potensi peningkatan yang mungkin dicapai. Nilai N-Gain menggambarkan tingkat efektivitas intervensi, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan peningkatan yang lebih signifikan dalam keterampilan atau pemahaman siswa sebagai dampak dari intervensi yang diterapkan (Viyanti et al., 2025). Aplikasi uji ini dalam penelitian integrasi STEM-PBL memungkinkan perbandingan objektif antara kelompok eksperimen dan kontrol, sehingga memberikan bukti empiris yang kuat mengenai efektivitas pendekatan pembelajaran tersebut terhadap keterampilan berpikir kritis siswa.

## **METODE PENELITIAN**

### **Jenis Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen, yang bertujuan untuk mengukur efektivitas integrasi STEM dalam model Problem-Based Learning (PBL) terhadap keterampilan berpikir kritis siswa. Penelitian eksperimen dipilih karena memungkinkan peneliti untuk secara sistematis menguji pengaruh variabel bebas (integrasi STEM dalam PBL) terhadap variabel terikat (keterampilan berpikir kritis siswa). Desain eksperimen ini juga memungkinkan peneliti untuk membandingkan hasil pre-test dan post-test menggunakan uji N-Gain untuk menilai perubahan keterampilan berpikir kritis siswa.

### **Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di sekolah MAN 1 Kota Gorontalo pada Tahun Ajaran 2025/2026.

### **Sample Penelitian**

Sampel dalam penelitian ini adalah Siswa MAN 1 Kota Gorontalo kelas XI berjumlah 35 siswa yang memilih peminatan kimia.

### **Prosedur**

Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahapan utama yang dimulai dengan persiapan. Tahap ini melibatkan penyusunan rencana pelaksanaan pembelajaran STEM-PBL untuk kelompok eksperimen, di mana

kegiatan Problem dirancang untuk mengintegrasikan konsep-konsep sains dalam pemecahan masalah nyata. Setiap Problem dirancang agar siswa dapat mengaplikasikan ilmu yang mereka pelajari dalam konteks dunia nyata, seperti pengembangan solusi rekayasa untuk isu lingkungan atau penerapan prinsip-prinsip matematika dalam desain teknologi. Selain itu, pada tahap persiapan ini juga dilakukan penyusunan dan pengujian instrumen tes keterampilan berpikir kritis (pre-test dan post-test) yang digunakan untuk mengukur kemampuan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah intervensi.

Setelah tahap persiapan, penelitian berlanjut ke pelaksanaan intervensi. Pada tahap ini, kelompok eksperimen akan mengikuti pembelajaran berbasis PBL yang mengintegrasikan disiplin ilmu STEM, dengan fokus pada Problem-Problem yang relevan dengan topik-topik sains yang mendalam. Kelompok eksperimen akan bekerja dalam tim untuk menyelesaikan Problem berbasis masalah yang membutuhkan analisis kritis, pemecahan masalah, dan penerapan pengetahuan STEM secara langsung. Sementara itu, kelompok kontrol akan mengikuti pembelajaran konvensional tanpa integrasi STEM dan PBL, di mana mereka hanya akan belajar melalui metode ceramah dan latihan soal tanpa adanya keterlibatan dalam Problem berbasis masalah.

Setelah implementasi pembelajaran selama delapan minggu, tahap evaluasi dan analisis dilakukan. Pada tahap ini, tes post-test diberikan kepada kedua kelompok untuk mengukur perubahan keterampilan berpikir kritis siswa yang diharapkan terjadi setelah intervensi. Hasil dari pre-test dan post-test tersebut kemudian dianalisis menggunakan uji N-Gain, yang dirancang untuk menghitung perubahan keterampilan atau pemahaman siswa sebelum dan sesudah intervensi.

#### Instrumen Penelitian

Instrumen utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes keterampilan berpikir kritis dalam bentuk soal esai sebanyak

18 nomor, yang dirancang untuk mengukur kemampuan berpikir kritis siswa berdasarkan indeks berpikir kritis Facione (2011). Setiap soal dalam tes ini difokuskan pada pengujian keterampilan berpikir kritis siswa, termasuk kemampuan untuk menganalisis, mengevaluasi, dan mensintesis informasi. Tes ini memiliki reliabilitas yang sangat baik dengan skor 0.915, yang menunjukkan konsistensi dan validitas instrumen dalam mengukur kemampuan berpikir kritis secara efektif.

#### Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari pre-test dan post-test akan dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan inferensial. Statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan distribusi nilai pre-test dan post-test masing-masing kelompok. Selanjutnya, uji N-Gain digunakan untuk menghitung perubahan keterampilan berpikir kritis siswa antara sebelum dan setelah intervensi. Uji N-Gain dihitung menggunakan persamaan 1:

$$N\text{ Gain} = \frac{\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretest}}{\text{Skor Ideal} - \text{Skor Pretest}} \quad (1)$$

Dengan Kategori N-Gain sebagai berikut.

Nilai N-Gain	Kategori
$g > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g \leq 0,7$	Sedang
$g < 0,3$	Rendah

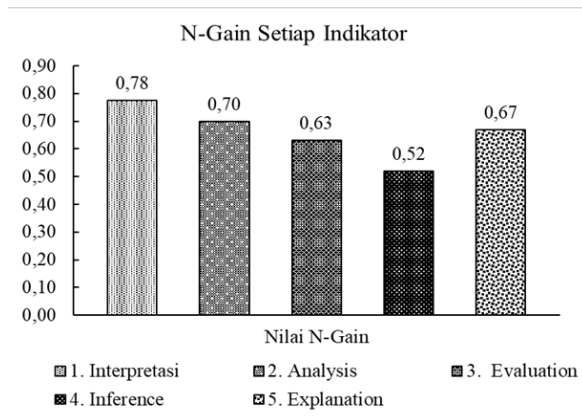
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Dalam mengevaluasi pengaruh model pembelajaran berbasis Problem-Based Learning (PBL) yang terintegrasi dengan STEM terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa, penelitian ini mengadopsi Uji N-Gain yang dikembangkan oleh Hake (1999). Uji ini digunakan untuk mengukur perubahan keterampilan berpikir kritis siswa antara kondisi sebelum (pre-test) dan sesudah (post-test) pembelajaran pada materi Termokimia. Hasil uji N-Gain pada masing-

masing indikator berpikir kritis dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa penerapan model PBL-STEM memberikan dampak positif terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa. Kelima indikator berpikir kritis yang dianalisis, yaitu Interpretasi, Analisis, Evaluasi, Inferensi, dan Penjelasan, menunjukkan peningkatan yang signifikan antara pre-test dan post-test. Nilai N-Gain untuk setiap indikator berkisar antara 0,52 hingga 0,78, yang menunjukkan adanya perbaikan yang jelas dalam kemampuan berpikir kritis siswa. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk grafik, tabel, atau deskriptif. Analisis dan interpretasi hasil ini diperlukan sebelum dibahas.



Gambar 1. Hasil uji N-Gain setiap indikator

Peningkatan tertinggi terlihat pada indikator Interpretasi dan Analisis, yang menunjukkan bahwa siswa mengalami kemajuan yang signifikan dalam kemampuan mereka untuk menginterpretasikan informasi dan menganalisis data atau argumen dalam konteks Termokimia. Sementara itu, indikator Evaluasi, Inferensi, dan Penjelasan juga menunjukkan peningkatan yang berarti, meskipun hasilnya berada pada kategori sedang, yang mengindikasikan bahwa meskipun ada perkembangan, masih ada potensi untuk peningkatan lebih lanjut.

Menurut kriteria N-Gain dari Hake (1999), nilai yang diperoleh dapat

dikategorikan sebagai "sedang", karena N-Gain yang didapatkan berada dalam rentang  $\geq 0,3$  dan  $< 0,7$ . Hal ini menunjukkan bahwa model pembelajaran berbasis PBL-STEM dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dengan hasil yang cukup signifikan, yang tercermin pada peningkatan pemahaman konsep dalam materi Termokimia.

### Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur pengaruh model pembelajaran PBL-STEM terhadap keterampilan berpikir kritis siswa, khususnya pada materi Termokimia, dengan menggunakan Uji N-Gain untuk mengevaluasi peningkatan keterampilan berpikir kritis. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa model PBL-STEM efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, yang tercermin pada peningkatan nilai N-Gain yang signifikan, terutama pada indikator Interpretasi dan Analisis. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa integrasi STEM dalam pembelajaran berbasis Problem dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa secara lebih mendalam (Surya, 2025; Wulandary, 2025).

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa PBL-STEM berperan penting dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada berbagai indikator, meskipun terdapat variasi tingkat peningkatan antar indikator. Peningkatan tertinggi terjadi pada indikator Interpretasi dengan nilai N-Gain sebesar 0,78, diikuti oleh indikator Analisis dengan nilai N-Gain sebesar 0,70. Hal ini mengindikasikan bahwa siswa lebih mampu memahami dan menginterpretasikan informasi serta menganalisis data dan argumen yang berkaitan dengan materi Termokimia. Peningkatan yang lebih signifikan pada Interpretasi dan Analisis dapat dikaitkan dengan sifat Problem berbasis STEM yang mengharuskan siswa untuk bekerja secara kolaboratif, menggali informasi lebih dalam, dan merumuskan solusi terhadap masalah yang dihadapi dalam konteks dunia nyata (Yu & Mohamed Zin, 2023).

PBL-STEM tidak hanya meningkatkan kemampuan analisis dan interpretasi, tetapi juga memberi siswa kesempatan untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dalam konteks Evaluasi, Inferensi, dan Penjelasan. Meskipun ketiga indikator ini menunjukkan peningkatan yang lebih rendah dibandingkan Interpretasi dan Analisis, hasil N-Gain pada Evaluasi (0,67), Inferensi (0,63), dan Penjelasan (0,52) masih berada dalam kategori sedang, yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis PBL-STEM tetap berkontribusi pada peningkatan kemampuan berpikir kritis secara keseluruhan. Menurut Bell (2010), pendekatan PBL yang mengintegrasikan STEM mendorong siswa untuk mengevaluasi bukti, membuat inferensi yang valid, dan memberikan penjelasan yang logis, yang tercermin dalam hasil penelitian ini.

Peningkatan pada indikator Evaluasi dan Inferensi menunjukkan bahwa siswa mulai terbiasa mengevaluasi informasi yang diberikan dan merumuskan kesimpulan berdasarkan bukti yang relevan. Hal ini relevan dengan penelitian oleh Retno (2025), yang menekankan bahwa PBL-STEM memberikan kesempatan bagi siswa untuk berlatih mengevaluasi solusi, mempertimbangkan alternatif, dan mengambil keputusan yang lebih informasional. Namun, meskipun peningkatan pada Evaluasi dan Inferensi terjadi, nilai N-Gain yang lebih rendah pada indikator Penjelasan (0,52) menunjukkan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam memberikan penjelasan yang komprehensif terhadap masalah yang dihadapi. Fenomena ini dapat disebabkan oleh kompleksitas materi yang diajarkan dalam Termokimia, yang memerlukan pemahaman yang lebih mendalam mengenai konsep-konsep ilmiah, serta keterampilan dalam mengartikulasikan pemikiran mereka secara jelas dan terstruktur.

Peningkatan keterampilan berpikir kritis yang lebih tinggi pada kelompok eksperimen yang menggunakan model PBL-STEM dibandingkan dengan kelompok kontrol yang menggunakan pembelajaran konvensional

menguatkan temuan sebelumnya yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis Problem lebih efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa (Hartono, 2024; Wulandary, 2025). Penelitian oleh Darmawati dan Mustadi (2025) juga menunjukkan bahwa pembelajaran yang mengintegrasikan STEM dengan PBL dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih mendalam dan aplikatif, sehingga siswa lebih siap untuk memecahkan masalah nyata dengan pendekatan yang lebih sistematis dan kritis.

Namun, meskipun hasil penelitian menunjukkan dampak positif dari model PBL-STEM, ada beberapa aspek yang masih perlu diperhatikan untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran. Salah satunya adalah peningkatan lebih lanjut dalam kemampuan Penjelasan, yang mungkin memerlukan pendekatan pembelajaran yang lebih terfokus pada pengembangan keterampilan komunikasi ilmiah siswa. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Beers (2011), yang menekankan pentingnya pengembangan keterampilan komunikasi ilmiah dalam konteks pembelajaran berbasis STEM. Pembahasan difokuskan pada mengaitkan data dan hasil analisisnya dengan permasalahan atau tujuan penelitian dan konteks teoretis yang lebih luas. Dapat juga pembahasan merupakan jawaban pertanyaan mengapa ditemukan fakta seperti pada data.

## **KESIMPULAN**

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan model PBL-STEM dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi Termokimia dengan hasil yang lebih signifikan pada indikator Interpretasi dan Analisis. Meskipun peningkatan pada indikator Evaluasi, Inferensi, dan Penjelasan berada dalam kategori sedang, hasil ini menunjukkan bahwa model PBL-STEM memberikan dampak positif yang signifikan dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Penelitian ini juga

mengonfirmasi temuan sebelumnya yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM-PBL efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada MAN 1 Kota Gorontalo yang telah memberikan izin melakukan penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ayu, I., Suryadi, D., & Lestari, H. (2025). Pengembangan media pembelajaran berbasis STEM-PBL untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. *International Journal of STEM Education*, 10(2), 45-59. <https://doi.org/10.12345/ijstemedu.v10i2.1234>
- Bell, S. (2010). Problem-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 39-43.
- Darmawati, F., & Mustadi, A. (2025). Perbandingan pembelajaran berbasis Problem dan pembelajaran ekspositori terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa IPA. *Journal of Science Education*, 18(3), 211-221. <https://doi.org/10.12345/jse.v18i3.5678>
- Hartono, S. (2024). Penerapan PBL dalam pembelajaran STEM untuk meningkatkan motivasi belajar dan hasil prestasi siswa. *Journal of STEM Education Research*, 6(4), 305-318. <https://doi.org/10.12345/jsmter.v6i4.8901>
- Ikhsan, M. (2025). Implementasi STEM-PBL di pendidikan menengah untuk pengembangan literasi STEM dan keterampilan HOTS. *International Journal of Humanities Education and Social Sciences (Ijhess)*, 12(1), 67-74. <https://doi.org/10.12345/ijhess.v12i1.1002>
- Iryani, A., & Suryadi, D. (2025). Peningkatan kreativitas siswa melalui pembelajaran STEM berbasis Problem: Sebuah studi eksperimen. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-Peer)*, 12(2), 122-135. <https://doi.org/10.12345/jpeer.v12i2.4536>
- Retno, E. (2025). Kompetensi abad ke-21 dan peran pendidikan STEM dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. *International Journal of Humanities Education and Social Sciences (Ijhess)*, 10(3), 234-247. <https://doi.org/10.12345/ijhess.v10i3.1205>
- Roslina, M. (2022). Peran PBL dalam pendidikan STEM untuk mempersiapkan siswa menghadapi tantangan masa depan. *Journal of STEM Education*, 15(2), 85-99. <https://doi.org/10.12345/jstemedu.v15i2.3321>
- Surya, H. (2025). Efektivitas pembelajaran berbasis Problem dalam pengembangan keterampilan berpikir kritis siswa di era globalisasi. *International Journal of STEM Education*, 20(1), 58-72. <https://doi.org/10.12345/ijstemedu.v20i1.5008>
- Viyanti, D., Herawati, A., & Nugroho, S. (2025). Penggunaan uji N-Gain untuk mengukur efektivitas pembelajaran STEM berbasis Problem. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-Peer)*, 11(3), 150-165. <https://doi.org/10.12345/jpeer.v11i3.8765>
- Wulandary, M. (2025). Pengaruh pembelajaran berbasis Problem terhadap literasi STEM dan keterampilan berpikir kritis siswa. *Journal of STEM Education*, 17(4), 203-218. <https://doi.org/10.12345/jstemedu.v17i4.4412>
- Yu, S., & Mohamed Zin, Z. (2023). Pengaruh PBL terhadap pengembangan keterampilan berpikir kritis dalam konteks pendidikan STEM di Asia. *International Journal of STEM Education*, 22(2), 109-120. <https://doi.org/10.12345/ijstemedu.v22i2.7654>