



Penerapan Model *Project-Based Learning* dengan Pendekatan *STEAM* untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Energi Alternatif

Azzahra Salsabila^{1*}, Hera Novia¹, Ida Kaniawati¹

¹ Pendidikan Fisika, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia.

DOI: <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i3.2551>

Article Info:

Received : 16 Juni 2026
Revised : 29 Juni 2026
Accepted : 05 Juli 2026
Published : 11 Juli 2026

Correspondence:

Azzahra Salsabila

Phone: +6282289544257

Abstract: Critical thinking is recognized as a fundamental competency among the essential skills required in the 21st century. However, students' critical thinking skills have not yet developed optimally, highlighting the need for instructional models that actively engage students throughout the learning process. One approach to fostering active student engagement is the implementation of the Project-Based Learning (PjBL) model integrated with the *STEAM* approach. This study employed a quantitative quasi-experimental method using a pretest-posttest non-equivalent control group design. The sample consisted of 62 tenth-grade students from a public senior high school in Bandung, Indonesia. The research instrument comprised nine essay questions designed to assess students' critical thinking skills. The data were analyzed using the normalized gain (N-Gain) to determine the improvement in critical thinking skills, while the Mann-Whitney U test was employed to examine the effect of the instructional model. The findings revealed that the improvement in students' critical thinking skills in the experimental class was higher than that of the control class, with N-Gain scores of 0.471 and 0.342, respectively, both of which were classified as moderate. Furthermore, the Mann-Whitney U test at the 5% significance level indicated a statistically significant difference between the two groups. Therefore, it can be concluded that the implementation of the Project-Based Learning model integrated with the *STEAM* approach has a significant positive effect on improving students' critical thinking skills in the topic of Alternative Energy.

Keywords: *Project Based Learning* (PjBL); *STEAM*; Critical Thinking; Alternative Energy.

Citation: Salsabila, A., Novia, H., & Kaniawati, I. (2026). Penerapan Model Project-Based Learning dengan Pendekatan *STEAM* untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Energi Alternatif. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika* (GeoScienceEd Journal), 7(3), 3427–3433. <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i3.2551>

Pendahuluan

Berpikir kritis (*critical thinking*) menempati posisi sentral sebagai kompetensi fundamental yang krusial di antara berbagai keterampilan abad ke-21 (Marisda dkk., 2024; Yusra dkk., 2025). Berpikir kritis merupakan proses berpikir reflektif yang masuk akal dan difokuskan untuk membuat keputusan yang tepat tentang apa yang dipercaya atau dilakukan, yang melibatkan kemampuan untuk menganalisis argumen, mengidentifikasi asumsi, dan mengevaluasi bukti secara logis (Hasani dkk., 2024; Putri dkk., 2021). Dalam era

digital yang dibanjiri oleh arus informasi dan maraknya misinformasi, kemampuan untuk menyaring, menganalisis, dan menyimpulkan informasi secara objektif menjadi sebuah keharusan yang tidak dapat digantikan oleh kecerdasan buatan (AI) sekalipun (Yusra dkk., 2025).

Individu yang memiliki keterampilan berpikir kritis yang baik tidak hanya berhasil secara akademis, tetapi juga lebih mampu memecahkan masalah-masalah kompleks yang mereka hadapi dalam kehidupan sehari-hari secara sistematis. Meskipun urgensi penguasaan

keterampilan berpikir kritis telah menjadi wacana global, realitas di Indonesia menunjukkan adanya tantangan signifikan dalam penerapannya (Putri dkk., 2021; Yusra dkk., 2025). Berbagai studi dan hasil asesmen internasional seperti PISA secara konsisten memposisikan Indonesia pada peringkat bawah dalam literasi sains dan matematika, yang mengindikasikan bahwa sebagian besar siswa masih kesulitan dalam menafsirkan data dan bukti ilmiah secara kritis (Laporan Hasil PISA 2022; PISA 2022 Results Factsheets Indonesia PUBE, 2023).

Permasalahan tersebut juga ditemukan pada studi pendahuluan yang dilakukan di salah satu SMA Negeri di Kota Bandung. Hasil tes keterampilan berpikir kritis menunjukkan 27% siswa berada pada kategori 'Cukup Kritis', 30% siswa pada kategori 'Kurang Kritis', dan 6% siswa pada kategori 'Sangat Kurang Kritis'. Meskipun terdapat 10% siswa pada kategori 'Sangat Kritis' dan 27% pada kategori 'Kritis', temuan ini menunjukkan bahwa lebih dari separuh siswa masih berada dilevel yang membutuhkan intervensi. Temuan tersebut diperkuat melalui wawancara dengan guru mata pelajaran yang mengungkapkan bahwa siswa masih mengalami kesulitan ketika dihadapkan pada permasalahan yang menuntut analisis dan penerapan konsep dalam konteks yang berbeda dari contoh yang telah dipelajari. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses pembelajaran belum sepenuhnya mampu memfasilitasi pengembangan keterampilan berpikir kritis secara optimal.

Salah satu pendekatan pembelajaran yang berpotensi mengatasi permasalahan tersebut adalah *Project Based Learning (PjBL)* yang diintegrasikan dengan pendekatan *STEAM*. *Project Based Learning (PjBL)* merupakan model pembelajaran yang berpusat pada siswa dengan menempatkan proyek sebagai inti proses pembelajaran (Bell, 2010). Melalui model ini, siswa secara aktif membangun pengetahuan melalui penyelidikan terhadap permasalahan autentik, bekerja secara kolaboratif, serta menghasilkan produk sebagai bentuk implementasi dari solusi yang dikembangkan, sementara guru berperan sebagai fasilitator selama proses pembelajaran (Capraro et al., 2013; Issa & Khataibeh, 2021).

Karakteristik tersebut menjadikan PjBL sebagai salah satu model pembelajaran yang efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan berbagai kompetensi yang dibutuhkan pada abad ke-21 (Bell, 2010; Hasani et al., 2024). Pendekatan Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (*STEAM*) merupakan pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan lima disiplin ilmu untuk membantu siswa memahami konsep, mengembangkan kreativitas, serta menyelesaikan permasalahan nyata melalui pengalaman belajar yang

bermakna (Perales & Aróstegui, 2024; Yang Ke & Ning Yueyue, 2024). Penambahan unsur *Arts* pada pendekatan *STEM* bertujuan memperkuat kreativitas, desain, komunikasi, dan inovasi sehingga pembelajaran tidak hanya berorientasi pada kemampuan analitis, tetapi juga menghasilkan solusi yang kreatif dan kontekstual (Henriksen, 2014; Land, 2013). Karakteristik tersebut menjadikan *STEAM* sesuai diintegrasikan dengan *Project Based Learning (PjBL)*, karena keduanya sama-sama menekankan pembelajaran berbasis proyek, kolaborasi, serta penyelesaian masalah autentik yang dapat mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21 (Adriyawati et al., 2020b; Rahmawati et al., 2021).

Secara teoretis, model pembelajaran inovatif seperti *Project Based Learning (PjBL)* yang diintegrasikan dengan pendekatan *STEAM* diakui sebagai solusi ideal untuk menjawab tantangan ini (Rohmah dkk., 2025; Shernoff, 2024). Karena karakteristik dari model PjBL dengan pendekatan *STEAM* yang berpusat pada siswa, berbasis proyek otentik, dan interdisipliner terbukti mampu menciptakan lingkungan belajar yang dapat melatih keterampilan berpikir kritis siswa (Hasani dkk., 2024; Ospankulova dkk., 2025; Samsudin dkk., 2020; Yusra dkk., 2025). Dengan demikian, PjBL yang diintegrasikan dengan *STEAM* menjadi sebuah model pembelajaran yang komprehensif untuk menjawab tantangan pendidikan abad ke-21.

Penelitian yang dilakukan oleh Hasani dkk. (2024) menemukan bahwa siswa kelas XI yang belajar materi elastisitas dan hukum Hooke dengan model PjBL-*STEAM* menunjukkan skor berpikir kritis yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan kelas tanpa pendekatan *STEAM*. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Yusra dkk. (2025) pada materi energi Alternatif, di mana PjBL-*STEM* terbukti efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Lebih lanjut, efektivitas pendekatan ini juga terbukti pada materi lain seperti gelombang bunyi (Kohohon dkk., 2023) dan proyek bel listrik (Rahmawati dkk., 2021), yang memperkuat bahwa PjBL-*STEAM* menyediakan kerangka kerja yang solid untuk melatih siswa dalam menganalisis, mengevaluasi, dan menciptakan solusi. Penelitian-penelitian ini secara kolektif menegaskan bahwa PjBL-*STEAM* bukan hanya sekadar model pembelajaran, melainkan sebuah ekosistem yang secara aktif mendorong proses kognitif tingkat tinggi.

Berdasarkan sintesis dari berbagai penelitian relevan di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa model PjBL yang diintegrasikan dengan pendekatan *STEAM* telah terbukti secara empiris sebagai strategi yang efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis (Hasani dkk., 2024; Kohohon dkk., 2023; Rahmawati dkk., 2021). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji penerapan model *Project Based Learning (PjBL)* dengan pendekatan *STEAM* terhadap

peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi energi alternatif.

Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif *quasi-experiment* dengan desain penelitian *pre test-post test non equivalent control group design*. Desain penelitian ini membagi kelompok sampel menjadi dua kelompok yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Kelompok eksperimen akan diberi perlakuan berupa pembelajaran dengan model PjBL dengan pendekatan STEAM, sementara kelompok kontrol akan diberi perlakuan berupa pembelajaran dengan model PjBL tanpa pendekatan STEAM. Kedua kelompok sampel akan diberi *pre test* (tes awal) sebelum diberi intervensi, kemudian akan diberi *post test* (tes akhir) setelah diberi intervensi.

Populasi pada penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X di salah satu SMA Negeri Kota Bandung. Sampel dipilih menggunakan Teknik *non random sampling* dengan metode *purposive sampling* berdasarkan kesesuaian karakteristik penelitian, yaitu siswa kelas X program IPA. Sampel penelitian terdiri atas 62 siswa yang terbagi menjadi dua kelas, yaitu 31 siswa pada kelas eksperimen dan 31 siswa pada kelas kontrol.

Prosedur penelitian terdiri atas tiga tahap, yaitu tahap persiapan, pelaksanaan, dan penyelesaian. Pada tahap persiapan dilakukan studi literatur, penyusunan perangkat pembelajaran dan instrumen penelitian, validasi instrumen oleh ahli, serta uji coba instrumen. Pada tahap pelaksanaan, kedua kelas diberikan *pretest* untuk mengukur keterampilan berpikir kritis sebelum diberikan *treatment*. Selanjutnya, kelas eksperimen mengikuti pembelajaran menggunakan model PjBL dengan pendekatan STEAM pada materi energi alternatif, sedangkan kelas kontrol mengikuti pembelajaran menggunakan model PjBL tanpa

pendekatan STEAM untuk materi yang sama. Setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai, kedua kelas diberikan *posttest* menggunakan instrumen yang sama. Tahap penyelesaian meliputi pengolahan data, analisis hasil penelitian, serta penarikan kesimpulan.

Instrumen penelitian terdiri atas tes uraian untuk mengukur keterampilan berpikir kritis. Tes keterampilan berpikir kritis disusun berdasarkan lima indikator yang dikembangkan oleh Ennis, yaitu memberikan penjelasan sederhana, membangun keterampilan dasar, menyimpulkan, memberikan penjelasan lebih lanjut, serta mengatur strategi dan taktik.

Instrumen penelitian telah melalui uji validitas isi oleh para ahli serta uji validitas konstruk dan reliabilitas menggunakan pemodelan Rasch sehingga dinyatakan layak digunakan dalam penelitian. Data penelitian dianalisis secara bertahap. Peningkatan keterampilan berpikir kritis dianalisis dilakukan analisis menggunakan *Normalized gain* atau N-gain Score dari perolehan hasil *pretest* dan *posttest*. Sebelum pengujian hipotesis dilakukan, data terlebih dahulu diuji normalitas dan homogenitas sebagai prasyarat analisis. Selanjutnya, pengaruh penerapan model PjBL dengan pendekatan STEAM terhadap keterampilan berpikir kritis dianalisis menggunakan *Multivariate Analysis of Variance* (MANOVA) dengan bantuan IBM SPSS Statistics versi 27 pada taraf signifikansi 0,05.

Hasil dan Diskusi

Peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa dianalisis berdasarkan nilai *pretest*, *posttest*, dan N-Gain pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol. Analisis ini bertujuan untuk melihat perubahan kemampuan siswa setelah mengikuti pembelajaran serta membandingkan tingkat peningkatan keterampilan berpikir kritis pada kedua kelas. Hasil analisis tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis nilai *pretest*, *posttest*, dan N-Gain

Kelas	N	Rata-Rata Nilai		N-Gain	Kategori
		<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>		
Eksperimen	31	27,10	61,34	0,471	Sedang
Kontrol	31	15,91	44,25	0,342	Sedang

Berdasarkan data pada Tabel 1, diperoleh rata-rata nilai *pretest* kelas eksperimen adalah 27,10, sedangkan kelas kontrol memiliki rata-rata 15,91. Setelah diberikan *treatment*, kedua kelas mengalami kenaikan nilai, pada kelas eksperimen sebesar 61,34 dan pada kelas kontrol sebesar 44,25. Rerata nilai N-Gain pada kelas eksperimen dan kelas kontrol termasuk ke dalam kategori sedang. Secara kategorisasi menurut Hake (1998) peningkatan pada kedua kelas berada pada

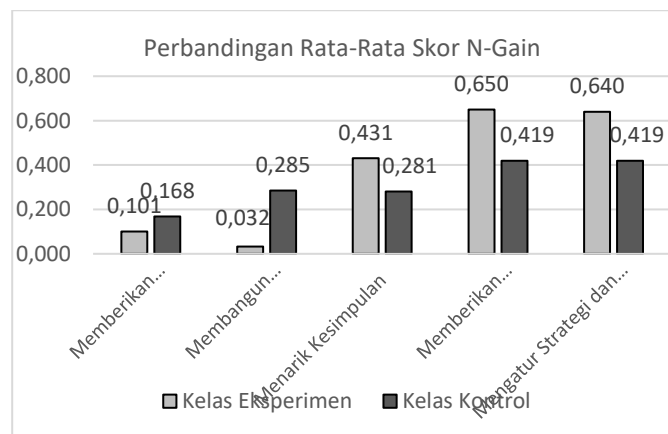
kategori sedang menunjukkan bahwa peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa cukup signifikan meskipun tidak terlalu besar.

Hal ini menunjukkan bahwa implementasi model *Project Based Learning* (PjBL) dengan pendekatan STEAM memberikan kontribusi yang lebih optimal dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dibandingkan model *Project Based Learning* (PjBL) tanpa pendekatan STEAM. Penerapan model PjBL dengan

pendekatan *STEAM* pada kelas eksperimen menuntut siswa untuk terlibat aktif dalam proses pembelajaran, berpikir tingkat tinggi, dan mengetahui penerapan proyek dalam kehidupan sehari-hari (Yusra dkk., 2025). Selama proses pembelajaran berlangsung siswa menerapkan prinsip-prinsip *STEAM* (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) dalam pembuatan proyek. Model PjBL dengan pendekatan *STEAM* dapat memberikan pembelajaran yang bermakna kepada siswa karena saat proses pembelajaran, siswa diarahkan untuk melakukan investigasi berbasis konstruktif dalam mencari solusi dari permasalahan yang timbul (Adriyawati dkk., 2020; Sulastri & Cahyani 2021; Triprani dkk., 2023). Pada model pembelajaran ini siswa diberikan permasalahan yang dekat dengan kehidupan sehari-hari, kemudian mereka dituntut untuk berpikir kritis dalam menyelesaikan masalah dengan menerapkan prinsip-prinsip *STEAM* (Hasani dkk., 2024; Yusra dkk., 2025).

Temuan penelitian ini didukung oleh penelitian Hasani dkk (2024) yang menunjukkan bahwa penerapan *STEAM-Based Project-Based Learning* berpengaruh positif terhadap keterampilan berpikir kritis siswa pada pembelajaran fisika. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa rata-rata keterampilan berpikir kritis siswa pada kelas yang menerapkan *STEAM-PjBL* lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Penelitian ini juga sejalan dengan penelitian Rahmawati dkk (2021) yang melaporkan bahwa integrasi *STEAM* dalam *Project-Based Learning* mampu melatih keterampilan berpikir kritis siswa melalui kegiatan pemecahan masalah dan pembuatan proyek. Selain itu, penelitian dari Ellianawati dkk (2025) yang mengkaji pembelajaran kolaboratif berbasis *STEAM* pada isu energi terbarukan, menunjukkan adanya peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa setelah mengikuti pembelajaran.

Adapun rata-rata N-Gain setiap indikator keterampilan berpikir kritis disajikan pada diagram berikut.



Gambar 1. Perbandingan Rata-Rata N-Gain Setiap Indikator Keterampilan Berpikir Kritis

Pada indikator memberikan penjelasan sederhana, kelas eksperimen memperoleh nilai N-Gain sebesar 0,101 dengan kategori rendah, dan kelas kontrol memperoleh nilai N-Gain sebesar 0,168 dengan kategori rendah. Selanjutnya pada indikator membangun keterampilan dasar, kelas eksperimen memperoleh nilai N-Gain sebesar 0,032 dengan kategori rendah, dan kelas kontrol memperoleh nilai N-Gain sebesar 0,285 dengan kategori rendah. Pada indikator menarik kesimpulan, kelas eksperimen memperoleh nilai N-Gain kategori sedang dengan nilai 0,431, sedangkan kelas kontrol memperoleh nilai N-Gain sebesar 0,281 dengan kategori rendah. Kemudian pada indikator memberikan penjelasan lebih lanjut, kelas eksperimen memperoleh nilai N-Gain sebesar 0,650 dengan kategori sedang, dan kelas kontrol memperoleh nilai N-Gain sebesar 0,419 dengan kategori sedang. Indikator terakhir yaitu mengatur strategi dan taktik, kelas eksperimen memperoleh nilai N-Gain dengan nilai 0,640 dengan kategori sedang, dan kelas kontrol memperoleh nilai N-Gain sebesar 0,419 dengan kategori sedang.

Pada kelas eksperimen peningkatan yang lebih tinggi pada indikator menarik kesimpulan, memberikan penjelasan lebih lanjut, dan mengatur strategi dan taktik diduga berkaitan dengan karakteristik pembelajaran PjBL dengan pendekatan *STEAM*. Selama proses pembelajaran, siswa tidak hanya mengumpulkan informasi, tetapi juga melakukan investigasi, merancang solusi, mengevaluasi hasil percobaan, dan mengambil keputusan berdasarkan data yang diperoleh. Aktivitas tersebut memberikan kesempatan yang lebih luas bagi peserta didik untuk menggunakan proses analisis, evaluasi, dan penalaran dalam menyelesaikan permasalahan kontekstual.

Sementara itu, peningkatan yang relatif rendah pada indikator memberikan penjelasan sederhana dan membangun keterampilan dasar mengindikasikan bahwa kemampuan berpikir kritis dasar memerlukan pembiasaan yang lebih berkelanjutan. Kedua indikator tersebut berkaitan dengan kemampuan mengidentifikasi informasi awal, mengamati, serta menilai sumber informasi, sehingga memerlukan latihan yang konsisten sejak awal proses pembelajaran. Meskipun demikian, secara keseluruhan hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi pendekatan *STEAM* dalam PjBL memberikan kontribusi yang lebih baik terhadap pengembangan keterampilan berpikir kritis siswa dibandingkan penerapan PjBL tanpa pendekatan *STEAM*.

Selanjutnya, untuk menganalisis perbedaan keterampilan berpikir kritis antara siswa pada kelas eksperimen dan siswa pada kelas kontrol, terlebih dahulu dilakukan uji prasyarat, yang meliputi uji normalitas dan uji homogenitas. Hasil data pengujian tersebut akan digunakan sebagai landasan dalam

pemilihan jenis uji hipotesis untuk memastikan bahwa analisis hipotesis dilakukan sesuai dengan karakteristik data yang diperoleh, sehingga hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Uji Normalitas

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas Berpikir Kritis

Kelas	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistific	df	Sig.	Statistific	df	Sig.
Nilai						
Eksp	0,187	31	0,007	0,909	31	0,012
Kontrol	0,119	31	0,200	0,966	31	0,421

Berdasarkan hasil analisis uji normalitas, diperoleh nilai signifikansi untuk kelas eksperimen lebih kecil dari batas signifikansi 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa data pada kelas eksperimen tidak berdistribusi normal. Sementara itu, untuk kelas kontrol diperoleh nilai signifikansi yang lebih besar dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa data pada kelas kontrol berdistribusi normal.

Uji Homogenitas

Tabel 3. Hasil Uji Homogenitas Berpikir Kritis

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9,593	30	0,320	1,678	0,079
Within Groups	5,907	31	0,191		
Total	15,500	61			

Uji Hipotesis

Berdasarkan hasil uji normalitas yang menunjukkan bahwa salah satu kelompok data tidak berdistribusi normal, maka pengujian hipotesis dalam penelitian ini dilakukan menggunakan analisis non-parametrik, yaitu uji Mann-Whitney U. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara kelas eksperimen yang mendapatkan perlakuan berupa model PjBL dengan pendekatan STEAM dan kelas kontrol yang hanya menggunakan model PjBL, terhadap keterampilan berpikir kritis siswa pada materi Energi Alternatif. Adapun hipotesis yang diuji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada keterampilan berpikir kritis siswa yang diterapkan model PjBL dengan pendekatan STEAM dengan keterampilan berpikir kritis siswa yang hanya diterapkan model PjBL
2. H_1 : Terdapat perbedaan yang signifikan pada keterampilan berpikir kritis siswa yang diterapkan model PjBL dengan pendekatan

Uji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk berbantuan *software* SPSS untuk menilai normalitas data karena jumlah sampel yang digunakan kurang dari 50 siswa, dengan menggunakan taraf signifikan 5% atau 0,05. Hasil dari uji normalitas tersebut disajikan pada Tabel 2 berikut.

Uji homogenitas dianalisis menggunakan uji Levene berbantuan *software* SPSS, dengan menggunakan taraf signifikan 5% atau 0,05. Hasil dari uji normalitas tersebut disajikan pada Tabel 3 berikut. Berdasarkan hasil uji homogenitas diperoleh nilai signifikansi yang lebih besar dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa varians data antara kelas eksperimen dan kelas kontrol homogen. Artinya, tidak terdapat perbedaan varians antar kedua kelompok tersebut.

STEAM dengan keterampilan berpikir kritis siswa yang hanya diterapkan model PjBL

Uji hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini adalah Uji Mann Whitney dengan bantuan *software* SPSS, dengan menggunakan taraf signifikan 5% atau 0,05. Hasil dari uji Mann Whitney U tersebut disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4: Hasil Uji Hipotesis Berpikir Kritis

	Nilai
Mann-Whitney U	237,000
Wilcoxon W	733,000
Z	-3,433
Asymp. Sig. (2-tailed)	<0,001

Hasil uji Mann-Whitney U menunjukkan nilai *Asymp.Sig (2-tailed)* yang lebih kecil dari 0,05. Oleh karena itu, hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) diterima. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada keterampilan berpikir kritis siswa yang diterapkan model PjBL dengan pendekatan STEAM dengan keterampilan berpikir kritis siswa yang hanya diterapkan model PjBL. Berdasarkan hasil ini, dapat

disimpulkan bahwa penerapan model PjBL dengan pendekatan *STEAM* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi Energi Alternatif.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penerapan *Project Based Learning* (PjBL) dengan pendekatan *STEAM* memberikan peningkatan keterampilan berpikir kritis yang lebih tinggi dibandingkan penerapan *Project Based Learning* (PjBL) tanpa pendekatan *STEAM* pada materi energi alternatif. Hal ini ditunjukkan oleh rata-rata nilai N-Gain kelas eksperimen sebesar 0,471 dan kelas kontrol sebesar 0,342, yang keduanya berada pada kategori sedang. Selain itu, hasil uji Mann-Whitney U menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,001 ($< 0,05$), yang mengindikasikan bahwa perbedaan peningkatan keterampilan berpikir kritis antara kedua kelas signifikan secara statistik. Dengan demikian, penerapan PjBL yang diintegrasikan dengan pendekatan *STEAM* terbukti lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dibandingkan penerapan PjBL tanpa pendekatan *STEAM*.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak sekolah, guru-guru mata pelajaran fisika, dan seluruh siswa yang telah berpartisipasi serta mendukung pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing atas arahan, masukan, dan bimbingan yang diberikan selama proses penelitian dan penyusunan artikel ini.

Referensi

- Adriyawati, E., Utomo, E., Rahmawati, Y., & Mardiah, A. (2020). *STEAM-project-based learning integration to improve elementary school students' scientific literacy on alternative energy learning*. Universal Journal of Educational Research, 8(5), 1863–1873. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080523>
- Bell, S. (2010). Project-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. <https://doi.org/10.1080/00098650903505415>
- Capraro, R. Michael., Capraro, M. Margaret., & Morgan, J. R. (2013). STEM project-based learning: an integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach. SensePublishers.
- Ellianawati, E., Subali, B., Putra, B. R., Wahyuni, S., Dwijananti, P., Adhi, M. A., & Yusof, M. M. M. (2025). Critical thinking and creativity in *STEAM*-based collaborative learning on renewable energy issues. Journal of Education and Learning, 19(1), 112–119.
- <https://doi.org/10.11591/edulearn.v19i1.21638>
- Hasani, R., Ardhuha, J., Harjono, A., & Kosim, K. (2024). The effect of *STEAM*-based project-based learning model on the critical thinking skills of eleventh-grade students in the topics of elasticity and Hooke's law. Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi, 10(2), 395–403. <https://doi.org/10.29303/jpft.v10i2.7960>
- Issa, H. B., & Khataibeh, A. The Effect of Using *Project Based Learning* on Improving the Critical Thinking among Upper Basic Students from Teachers' Perspectives. Pegem Journal of Education and Instruction, 11(2), 52–57. <https://doi.org/10.14527/pegegog.2021.00>
- Kohohon, Y., Mursalin, Yusuf, M., Umar, M. K., Abdjul, T., & Uloli, R. (2023). *STEAM* approach to students' critical thinking ability on the concept of sound waves for developing PBL model learning tools. Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 9(12), 11613–11624. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i12.6776>
- Marisda, D. H., Nurlina, N., Ma'ruf, M., Rahmawati, R., Idamayanti, R., & Akbar, M. (2024). Challenges in secondary school education: Profile of physics students' critical thinking skills. Journal of Education and Learning, 18(3), 1099–1106. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i3.21666>
- OECD. (2023). PISA 2022 results: Factsheets Indonesia. OECD Publishing. <https://oecdch.art/a40de1dbaf/C108>
- Ospankulova, E., Maxutov, S., Lathrop, R., Anuarova, L., & Balta, N. (2025). Science students' attitudes, learning, critical thinking and engagement in project-based learning. Cogent Education, 12(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2445358>
- Perales, F. J., & Aróstegui, J. L. (2024). The *STEAM* approach: Implementation and educational, social and economic consequences. Arts Education Policy Review, 125(2), 59–67. <https://doi.org/10.1080/10632913.2021.1974997>
- Putri, R. K., Bukit, N., & Simanjuntak, M. P. (2021). The effect of *Project Based Learning* model's on critical thinking skills, creative thinking skills, collaboration skills, & communication skills (4C) physics in senior high school. In Advances in Social Science, Education and Humanities Research (Vol. 591, pp. 323–330). Atlantis Press.
- Rahmawati, Y., Adriyawati, E., Utomo, E., & Mardiah, A. (2021). The integration of *STEAM*-project-based learning to train students' critical thinking skills in science learning through electrical bell project. Journal of Physics: Conference Series, 2098(1), 012040. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2098/1/012040>

- Rohmah, A. N., Lestari, N. A., & Saphira, H. V. (2025). The effect of *STEAM* approach in physics learning to enhance 21st century skills: A research-based analytical study. *Journal of Digitalization in Physics Education*, 1(1). <https://doi.org/10.63230/dpe.v1n1.38986>
- Samsudin, M. A., Jamali, S. M., Zain, A. N. M., & Ebrahim, N. A. (2020). The effect of STEM project-based learning on self-efficacy among high school physics students. *Journal of Turkish Science Education*, 17(1), 94–108. <https://doi.org/10.36681/tused.2020.15>
- Sulastris, & Cahyani, G. P. (2021). Pengaruh *Project Based Learning* dengan pendekatan *STEAM* terhadap kemampuan berpikir kritis pada pembelajaran online di SMK Negeri 12 Malang. *Jurnal Pendidikan Akuntansi (JPAK)*, 9(3).
- Triprani, E. K., Sulistyani, N., & Aini, D. F. N. (2023). The implementation of *STEAM*-based learning with project-based learning model for problem solving skills of elementary school students in the alternative energy materials. *Scholaria: Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 13(2), 176–187.
- Yang Ke, Ning Yueyue. (2024). University Physics Teaching Based on *STEAM* Education Concepts. *US-China Education Review A*, 14(5) 329-334 <https://doi.org/10.17265/2161-623X/2024.05.006>
- Yusra, R. A., Kusumah, F. H., & Suryadi, A. (2025). Pengaruh PjBL-STEM terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis pada materi energi alternatif dalam mendukung pendidikan yang berkualitas. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 13, 26–37. https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial_issue.86537