



Pengaruh Implementasi Model Pembelajaran Mendalam Berbasis STEM melalui Solar Project terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Kreativitas Peserta Didik

Istiqomah Nurul Azizah¹, Neng Sholihat²

^{1,2}Pendidikan IPA, Universitas Muhammadiyah Riau, Indonesia

e-mail: azizahistiqomahnurul2@gmail.com¹, nengsholihat@umri.ac.id²

Article Info

Article history:

Received June 20, 2026

Revised July 18, 2026

Accepted July 22, 2026

Keywords:

Deep Learning, STEM, Solar Project, Critical Thinking, Creativity.

ABSTRACT

This study aims to analyze the impact of implementing a STEM-based deep learning model specifically utilizing a Solar Project on students' critical thinking skills and creativity. A Systematic Literature Review (SLR) method was employed, analyzing 25 scientific articles comprising 15 national and 10 international journal publications. The selection process was based on topic relevance, the availability of full-text articles, and specific publication year criteria. Data were analyzed descriptively by identifying research objectives, methods, subjects, instruments, and findings, followed by a synthesis to determine prevailing trends. The results indicate that implementing STEM-based learning integrated with a deep learning approach and a Solar Project positively impacts the enhancement of students' critical thinking skills and creativity. Student-centered learning facilitated through contextual projects, authentic problem-solving, and design activities fosters Higher-Order Thinking Skills (HOTS), creativity, collaboration, communication, and scientific literacy. Furthermore, the Solar Project serves as a relevant learning context by integrating renewable energy concepts with real-world learning experiences, thereby strengthening students' conceptual understanding. However, the review reveals that research specifically integrating STEM-based deep learning models via Solar Projects remains limited; consequently, further empirical research is required to evaluate their effectiveness across various subject matters and educational levels.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Article Info

Article history:

Received June 20, 2026

Revised July 18, 2026

Accepted July 22, 2026

Keywords:

Pembelajaran Mendalam, STEM, Solar Project, Berpikir Kritis, Kreativitas.

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh implementasi model pembelajaran mendalam (*deep learning*) berbasis *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) melalui *Solar Project* terhadap kemampuan berpikir kritis dan kreativitas peserta didik. Penelitian menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan menganalisis 25 artikel ilmiah yang terdiri atas 15 jurnal nasional dan 10 jurnal internasional. Proses seleksi dilakukan berdasarkan kesesuaian topik, ketersediaan artikel *full text*, serta tahun publikasi yang telah ditentukan. Data dianalisis secara deskriptif melalui identifikasi tujuan penelitian, metode, subjek, instrumen, dan hasil penelitian, kemudian disintesis untuk memperoleh kecenderungan temuan. Hasil kajian menunjukkan bahwa implementasi pembelajaran berbasis STEM yang dipadukan dengan pendekatan pembelajaran mendalam dan *Solar Project* memberikan dampak positif terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis dan kreativitas peserta didik. Pembelajaran yang berpusat pada peserta didik melalui proyek kontekstual, pemecahan masalah autentik, dan



aktivitas desain mampu meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills/HOTS*), kreativitas, kolaborasi, komunikasi, serta literasi sains. Selain itu, *Solar Project* menjadi konteks pembelajaran yang relevan karena mengintegrasikan konsep energi terbarukan dengan pengalaman belajar nyata sehingga memperkuat pemahaman konseptual peserta didik. Meskipun demikian, hasil kajian menunjukkan bahwa penelitian yang secara khusus mengintegrasikan model pembelajaran mendalam berbasis STEM melalui *Solar Project* masih terbatas, sehingga diperlukan penelitian empiris lebih lanjut untuk menguji efektivitasnya pada berbagai materi dan jenjang pendidikan.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

Istiqomah Nurul Azizah¹

Pendidikan IPA, Universitas Muhammadiyah Riau, Indonesia

e-mail: azizahistiqomahnurul2@gmail.com

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital yang sangat pesat serta dinamika sosial-ekonomi global pada abad ke-21 menuntut peserta didik tidak hanya menguasai pengetahuan faktual, tetapi juga memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skills*). Keterampilan tersebut mencakup kemampuan menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta, yang melampaui aktivitas mengingat dan mereproduksi informasi secara mekanis. Dalam konteks ini, kerangka keterampilan abad ke-21 yang dikenal dengan 4C (*critical thinking, creativity, collaboration, dan communication*) menjadi rujukan utama dalam perumusan kebijakan dan praktik pendidikan di berbagai negara, termasuk Indonesia. Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) memiliki posisi strategis dalam pengembangan keterampilan tersebut karena karakteristiknya yang menekankan proses ilmiah, penalaran logis, pengujian hipotesis, serta penerapan konsep untuk memahami dan memecahkan persoalan nyata di lingkungan sekitar. Oleh karena itu, pembelajaran IPA berpotensi besar menjadi wahana yang efektif untuk menumbuhkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif peserta didik secara terintegrasi (Sembiring, 2025).

Oleh karena itu, sistem pendidikan Indonesia dituntut untuk melakukan transformasi kurikulum dan pendekatan pembelajaran yang mampu merespons tantangan tersebut. Salah satu pendekatan yang saat ini banyak dikembangkan adalah pembelajaran berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Pendekatan ini diyakini mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan bermakna bagi peserta didik karena mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu ke dalam satu rangkaian kegiatan pembelajaran yang koheren dan aplikatif. Melalui pendekatan STEM, peserta didik tidak hanya memahami konsep-konsep ilmiah, tetapi juga mengembangkan kemampuan memecahkan masalah melalui proyek atau tugas berbasis permasalahan nyata sehingga mampu menghubungkan teori dengan kehidupan sehari-hari (Azizah & Angelina, 2025).

Pendidikan STEM didasarkan pada teori konstruktivisme dan konstruksionisme yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif melalui pengalaman belajar. Pembelajaran STEM berbasis desain dipahami sebagai proses pembelajaran ketika peserta



didik menggunakan pengetahuan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika untuk merancang sistem, proses, atau produk kreatif yang mampu menjawab kebutuhan tertentu melalui tahapan desain. Pembelajaran semacam ini bertujuan mengembangkan berbagai keterampilan abad ke-21, terutama kreativitas. Kreativitas merupakan salah satu kompetensi yang sangat penting karena berperan dalam pemecahan masalah, keterampilan inkuiri, serta proses desain rekayasa. Selain itu, kreativitas juga menjadi fondasi penting dalam mendukung pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan karena memungkinkan peserta didik memanfaatkan pengalaman belajar secara optimal (Lidya et al., 2024).

Namun demikian, implementasi pembelajaran di banyak sekolah di Indonesia masih didominasi oleh metode konvensional yang berpusat pada guru. Dalam pembelajaran seperti ini, peserta didik cenderung berperan sebagai penerima informasi secara pasif sehingga kesempatan untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, khususnya berpikir kritis dan kreativitas, masih terbatas. Padahal, pembelajaran yang berpusat pada peserta didik melalui pendekatan terpadu seperti STEM telah terbukti mampu meningkatkan kreativitas sekaligus kemampuan pemecahan masalah. Dalam pembelajaran IPA, pendekatan ini memungkinkan peserta didik menghubungkan konsep-konsep ilmiah dengan fenomena nyata yang mereka temui dalam kehidupan sehari-hari sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna (Qoni'Akh et al., 2025).

Selain penerapan STEM, pendekatan pembelajaran mendalam (*deep learning*) juga menjadi salah satu inovasi yang relevan untuk menjawab tantangan pendidikan abad ke-21. Pembelajaran mendalam merupakan pendekatan yang berorientasi pada pemahaman konseptual, refleksi kritis, dan kemampuan mentransfer pengetahuan ke dalam situasi baru yang bermakna. Berbeda dengan pembelajaran permukaan (*surface learning*) yang hanya menekankan hafalan, pembelajaran mendalam menempatkan peserta didik sebagai agen pembelajaran yang secara aktif membangun pemahamannya melalui pengalaman autentik, kolaborasi, eksplorasi, dan refleksi. Dalam konteks ini, integrasi STEM semakin memperkuat pembelajaran mendalam karena memberikan pengalaman belajar yang menghubungkan teori dengan praktik nyata melalui aktivitas desain, eksperimen, dan penyelesaian masalah secara interdisipliner (Ilyas et al., 2026).

Pembelajaran mendalam juga menekankan tiga pilar utama, yaitu *meaningful learning*, *mindful learning*, dan *joyful learning*. Ketiga pilar tersebut bertujuan membangun pemahaman konsep secara lebih mendalam, meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik, sekaligus menciptakan pengalaman belajar yang menyenangkan dan bermakna. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pendekatan *deep learning* lebih efektif dibandingkan pembelajaran konvensional dalam meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Kintoko et al. (2025) menemukan bahwa penerapan *deep learning* memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik dibandingkan metode pembelajaran tradisional. Temuan tersebut diperkuat oleh Wijaya et al. (2025) yang menyatakan bahwa *deep learning* menggeser fokus pembelajaran dari hafalan menuju pemahaman konseptual yang mendalam. Hariyanti (2024) juga menegaskan bahwa pendekatan ini mendorong peserta didik tidak hanya memahami konsep, tetapi juga mampu memaknai dan menerapkannya dalam berbagai situasi, sedangkan Alfi dan Tralisno (2026) menunjukkan bahwa pembelajaran yang mengintegrasikan prinsip *meaningful*, *mindful*, dan *joyful learning* mampu meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik selama proses pembelajaran.



Berpikir kritis merupakan salah satu keterampilan esensial yang harus dimiliki peserta didik pada abad ke-21. Keterampilan ini mencakup kemampuan berpikir reflektif, logis, serta membuat keputusan yang tepat berdasarkan bukti yang tersedia. Dalam praktiknya, berpikir kritis melibatkan kemampuan mengidentifikasi masalah, menganalisis argumen, mengevaluasi informasi, serta merefleksikan proses penalaran. Di era perkembangan teknologi dan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), kemampuan berpikir kritis menjadi kompetensi yang semakin penting karena tidak dapat sepenuhnya digantikan oleh teknologi dalam proses pengambilan keputusan. Kemampuan tersebut juga berperan penting dalam membantu peserta didik memperoleh pengetahuan secara lebih mendalam dan memecahkan berbagai persoalan yang dihadapi selama proses pembelajaran (Yusra et al., 2025).

Selain berpikir kritis, kreativitas juga merupakan kompetensi utama yang perlu dikembangkan melalui pembelajaran IPA. Kreativitas memungkinkan peserta didik menghasilkan gagasan baru, merancang solusi inovatif, serta menciptakan produk yang bermanfaat berdasarkan konsep-konsep ilmiah yang dipelajari. Pembelajaran berbasis STEM memberikan peluang luas bagi peserta didik untuk mengembangkan kreativitas melalui kegiatan eksplorasi, eksperimen, desain, dan pembuatan produk sederhana yang relevan dengan materi (Pamungkas, 2024). Setiawan et al. (2022) juga menjelaskan bahwa pembelajaran berbasis proyek yang terintegrasi dengan STEM mampu mendorong peserta didik berpikir inovatif melalui proses eksplorasi, kolaborasi, dan pengambilan keputusan. Temuan tersebut didukung oleh Pasaribu et al. (2026) yang menunjukkan bahwa implementasi STEM berbasis proyek mampu meningkatkan keterampilan inovasi peserta didik, meskipun kajian yang secara khusus menghubungkan pembelajaran mendalam berbasis STEM dengan kemampuan berpikir kritis dan kreativitas masih relatif terbatas.

Salah satu bentuk implementasi STEM yang sangat relevan dalam pembelajaran IPA adalah melalui *Solar Project*. Energi surya merupakan salah satu materi penting dalam pembelajaran IPA sekaligus menjadi bagian dari isu global mengenai energi terbarukan yang mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals*). Indonesia memiliki potensi energi surya yang sangat besar karena letak geografisnya di wilayah tropis sehingga topik ini sangat kontekstual untuk dipelajari peserta didik. Melalui *Solar Project*, peserta didik dapat merancang, membuat, menguji, serta mengevaluasi produk berbasis energi surya dengan mengintegrasikan konsep sains, teknologi, rekayasa, dan matematika. Proses tersebut memungkinkan peserta didik mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan kreativitas secara bersamaan melalui pengalaman belajar yang autentik. Penelitian Shahbazloo dan Abdullah Mirzaie (2023) menunjukkan bahwa pendidikan STEM berbasis energi surya secara signifikan meningkatkan kreativitas peserta didik, sedangkan Lidya et al. (2024) melaporkan bahwa integrasi STEM dalam pengembangan produk kreatif mampu meningkatkan kreativitas peserta didik pada pembelajaran sains terapan.

Meskipun berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas pendekatan STEM maupun pembelajaran mendalam secara terpisah, penelitian yang mengintegrasikan model pembelajaran mendalam berbasis STEM melalui *Solar Project* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreativitas peserta didik masih relatif terbatas, khususnya pada pembelajaran IPA di Indonesia. Sebagian besar penelitian terdahulu lebih berfokus pada hasil belajar kognitif atau salah satu keterampilan berpikir tingkat tinggi, sementara kajian yang mengkaji pengaruh integrasi pembelajaran mendalam, STEM, dan *Solar Project* terhadap dua kompetensi tersebut secara simultan belum banyak dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini



penting untuk dilaksanakan guna memberikan bukti empiris mengenai pengaruh implementasi model pembelajaran mendalam berbasis STEM melalui *Solar Project* terhadap kemampuan berpikir kritis dan kreativitas peserta didik, sekaligus menjadi alternatif inovasi pembelajaran IPA yang relevan dengan tuntutan pendidikan abad ke-21.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) untuk mengkaji secara sistematis berbagai hasil penelitian mengenai pengaruh implementasi model pembelajaran mendalam berbasis STEM melalui *Solar Project* terhadap kemampuan berpikir kritis dan kreativitas peserta didik. Artikel diperoleh melalui basis data Science Education, Semantic Scholar, dan Google Scholar menggunakan kata kunci yang sesuai dengan topik penelitian. Proses seleksi dilakukan berdasarkan kriteria artikel yang relevan, tersedia dalam bentuk *full text*, dan dipublikasikan pada rentang tahun yang telah ditentukan. Dari hasil seleksi diperoleh 25 artikel, yang terdiri atas 15 artikel nasional dan 10 artikel internasional. Selanjutnya, seluruh artikel dianalisis secara deskriptif dengan mengidentifikasi tujuan penelitian, metode, subjek, instrumen, serta hasil penelitian, kemudian disintesis untuk mengetahui kecenderungan temuan, persamaan, dan perbedaan hasil penelitian sehingga diperoleh gambaran mengenai pengaruh implementasi model pembelajaran mendalam berbasis STEM melalui *Solar Project* terhadap kemampuan berpikir kritis dan kreativitas peserta didik.

HASIL

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Analisis 25 Artikel Terpilih yang Terdiri atas 15 Jurnal Nasional dan 10 Jurnal Internasional

No.	Sitasi	Judul Jurnal	Hasil Penelitian
1	(Siadah et al., 2024)	Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) Terintegrasi STEM Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Kreativitas Siswa SMAN 1 Pademawu	Hasil uji menunjukkan: 1) Pengaruh Signifikan: Implementasi model Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) yang terintegrasi STEM secara signifikan memengaruhi kemampuan berpikir kritis siswa, sebagaimana ditunjukkan oleh nilai signifikansi uji sampel independen untuk berpikir kritis (Sig. 2-tailed) $< 0,001 < 0,05$ dan untuk kreativitas (Sig. 2-tailed) $< 0,001 < 0,05$. Hasil ini menunjukkan perbedaan signifikan dalam skor rata-rata berpikir kritis dan kreativitas antara kelas kontrol dan eksperimen setelah intervensi; 2) Peningkatan Keterampilan: Model PjBL terintegrasi STEM secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreativitas siswa, sebagaimana dibuktikan oleh nilai rata-rata N-Gain deskriptif untuk berpikir kritis sebesar 93,9591 di kelas eksperimen $> 53,8191$ di kelas kontrol, dan nilai rata-rata untuk kreativitas sebesar 81,6743 di kelas eksperimen $> 21,6814$ di kelas kontrol; 3) Efektivitas: Implementasi model Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) terintegrasi STEM dikategorikan efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir



			kritis dan kreativitas siswa berdasarkan kriteria R.R. Hake, dengan skor berpikir kritis $93,9591 > 76$ dan skor kreativitas $81,6743 > 76$.
2	(Azizah & Angelina, 2025)	Efektivitas Pembelajaran Berbasis STEM dalam Meningkatkan Kreativitas dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMP Negeri 1 Jombang	Hasil analisis data menunjukkan peningkatan yang signifikan pada skor kreativitas dan berpikir kritis siswa di kelas eksperimen dibandingkan dengan kelas kontrol. Peningkatan ini dikonfirmasi melalui pengujian statistik menggunakan uji-t dan normalized gain, yang menunjukkan tingkat efektivitas yang tinggi pada kelompok eksperimen. Selanjutnya, hasil kuesioner menunjukkan bahwa siswa memberikan respons positif terhadap pendekatan pembelajaran berbasis STEM, karena menganggapnya lebih menarik, menantang, dan relevan dengan konteks kehidupan nyata. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran berbasis STEM efektif dalam meningkatkan kreativitas dan kemampuan berpikir kritis siswa SMP. Temuan ini merekomendasikan implementasi yang lebih luas dari model pembelajaran STEM dalam konteks pendidikan menengah pertama di Indonesia.
3	(Sari et al., 2024)	Pengembangan E-Modul Berbasis PjBL-STEM Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif Peserta Didik SMK Kelas X Pada Materi Proyek IPAS	Berdasarkan hasil penelitian: (1) e-modul berbasis PjBL-STEM ini telah memenuhi kriteria valid dan layak digunakan setelah diadakan validasi dan uji coba, (2) Pada ahli media, dengan hasil menunjukkan sebesar 86% yang berarti valid, ini termasuk dalam kriteria sangat layak, (3) Pada ahli desain, dengan hasil menunjukkan sebesar 94% yang berarti valid, ini termasuk dalam kriteria sangat layak, (4) Pada ahli materi, dengan hasil menunjukkan sebesar 97% yang berarti valid, ini termasuk dalam kriteria sangat layak, (5) Pada uji coba Perorangan, dengan hasil menunjukkan sebesar 91% yang berarti valid, (6) Pada uji coba kelompok kecil, dengan hasil menunjukkan sebesar 91% yang berarti valid, (7) Pada uji coba Lapangan, dengan hasil menunjukkan sebesar 90% yang berarti valid, dan (8) Pada uji coba teman sejawat, dengan hasil keterampilan menunjukkan sebesar 95% yang berarti valid. maka dapat disimpulkan bahwa produk pengembangan yang berbentuk e-modul berbasis PjBL-STEM untuk meningkatkan berpikir kritis dan kreatif peserta didik layak digunakan pada kelas X SMK.
4	(Qoni'Akh et al., 2025)	Pengembangan Modul Pembelajaran IPA Berbasis	Modul memperoleh skor kelayakan materi 88,12% dan media 88,54% (sangat layak).



		Proyek-STEM: Strategi Meningkatkan Kreativitas Siswa SMP	Modul efektif meningkatkan kreativitas siswa terutama pada aspek fluency dan elaboration, meskipun aspek flexibility dan originality masih perlu ditingkatkan
5	(Yusra et al., 2025)	Pengaruh PjBL-STEM terhadap Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis pada Materi Energi Terbarukan dalam Mendukung Pendidikan yang Berkualitas	PjBL-STEM meningkatkan keterampilan berpikir kritis secara signifikan dengan nilai $p = 0,002$, effect size 1,46 (sangat besar), dan N-Gain 0,36 (kategori sedang). Semua indikator berpikir kritis meningkat lebih merata dibanding kelas kontrol.
6	(Pasaribu et al., 2026)	Pengaruh Model Pembelajaran STEM terhadap Keterampilan Inovasi Peserta Didik Kelas V pada Materi Tata Surya di SD GMIM IV Tomohon	Model STEM memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap keterampilan inovasi siswa. Nilai rata-rata kelas eksperimen (88,44) lebih tinggi dibanding kelas kontrol (70,31). Uji t menunjukkan signifikansi 0,000 ($<0,05$). STEM lebih efektif meningkatkan kreativitas, HOTS, budaya inovasi, dan keterampilan digital dibanding TPS.
7	(Sembiring, 2025)	Pembelajaran IPA Berbasis STEM-PjBL: Tinjauan Kritis Implementasi dan Integrasi Teknologi Deep Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif Siswa	STEM-PjBL secara konsisten meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kreatif, literasi sains, kemampuan pemecahan masalah, motivasi, dan partisipasi aktif siswa. Teknologi Deep Learning berpotensi mendukung monitoring pembelajaran dan pemberian umpan balik adaptif, tetapi masih minim implementasi empiris.
8	(Pamungkas, 2024)	Analisis Strategi Pembelajaran IPA Berbasis STEM untuk Meningkatkan Kreativitas dan Literasi Sains Siswa	Hasil kajian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM mampu meningkatkan kreativitas, literasi sains, keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi, serta motivasi belajar siswa melalui model Project Based Learning dan inkuiri.
9	(Alfi & Tralisno, 2026)	Penerapan Pendekatan Deep Learning dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Materi Hukum Newton	Pendekatan deep learning efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Nilai N-Gain meningkat dari 0,49 pada siklus I menjadi 0,70 pada siklus II. Ketuntasan belajar meningkat dari 78% menjadi 88%, sedangkan rata-rata enam indikator berpikir kritis meningkat dari 74% menjadi 82,67%.
10	(Hidayati, 2025)	Efektivitas Model PBL-STEM dalam Mendorong Deep Learning pada Materi Laju Reaksi	Model PBL-STEM terbukti efektif meningkatkan hasil belajar dan deep learning siswa. Rata-rata posttest kelas eksperimen mencapai 77,33 dengan N-Gain 0,58 (sedang), sedangkan kelas kontrol 56,67 dengan N-Gain 0,28 (rendah). Siswa juga menunjukkan peningkatan aktivitas belajar, kolaborasi, literasi sains, dan kemampuan mentransfer konsep ke situasi nyata.
11	(Nurazizah et al., 2025)	Deep Learning with Project-Based Learning (PjBL) Model for Student Creativity / Pembelajaran Mendalam dengan Model Project-Based Learning	Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi PjBL dalam pembelajaran mendalam mampu meningkatkan kreativitas siswa melalui indikator fluency, flexibility, originality, elaboration, dan keterlibatan emosional. Lingkungan belajar menjadi lebih terbuka,



		(PjBL) untuk Kreativitas Siswa	kontekstual, dan mendorong munculnya solusi yang orisinal.
12	(Langi, 2025)	Penerapan Model Problem Based Learning Terintegrasi STEM terhadap Keterampilan Berpikir Kritis pada Materi Hukum Newton	Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan signifikan antara kelas eksperimen dan kontrol dengan nilai $p = 0,036$ ($p < 0,05$) dan effect size $d = 0,53$ (kategori sedang). PBL terintegrasi STEM terbukti cukup efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa pada materi Hukum Newton.
13	(Hidayah & Hulyana, 2025)	Strategi Pendekatan Pembelajaran Deep Learning dalam Meningkatkan Kompetensi Berpikir Kritis dan Kreatif di Era Digital.	Deep learning mampu meningkatkan pemahaman bermakna, keterlibatan aktif, kemampuan berpikir kritis dan kreatif melalui pembelajaran berbasis proyek, diskusi kolaboratif, dan pemanfaatan teknologi digital. Pendekatan ini relevan diterapkan di sekolah maupun pesantren.
14	(Manaf & Ismail, 2024)	Penggunaan Pendekatan Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) untuk Meningkatkan Kemampuan Kognitif Peserta Didik Kelas XI SMA IT Fagogoru Kabupaten Halmahera Tengah pada Konsep Panel Surya	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan pendekatan STEM mampu meningkatkan kemampuan kognitif siswa. Pada siklus I hanya 3 siswa yang tuntas, sedangkan pada siklus berikutnya meningkat menjadi 13 siswa yang tuntas.
15	(Anggraini et al., 2025)	Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Energi Terbarukan melalui PjBL-STEM dengan Design Thinking	Nilai rata-rata posttest kelas eksperimen (59,98) lebih tinggi dibanding kelas kontrol (51,56). Nilai signifikansi 0,03 menunjukkan adanya pengaruh penerapan PjBL-STEM dengan Design Thinking terhadap kemampuan berpikir kritis. Nilai N-Gain sebesar 0,49 (kategori sedang) dan effect size sedang.
16	(Aubel et al., 2024)	“Industry 4.0-Driven STEM-Lab Modernization: Balancing Flexibility and Sustainability”	Implementasi laboratorium STEM berbasis Industry 4.0 dengan pendekatan problem-based practical dan interdisciplinary project mampu meningkatkan kreativitas, teamwork, komunikasi, critical thinking, self-directed learning, serta kemampuan problem solving mahasiswa.
17	(Ilyas et al., 2026)	“Deep Learning through a STEM-Integrated Project-Based Learning Model for Enhancing Students’ Creativity”	Model STEM-integrated Project-Based Learning berbasis deep learning terbukti meningkatkan kreativitas siswa pada aspek fluency, flexibility, originality, elaboration, serta emotional engagement. Pembelajaran juga membuat siswa lebih aktif, reflektif, dan kolaboratif.
18	(Widiawati et al., 2023)	Learning Challenge: Solar Cell Technology in PjBL-STEM Learning Using Jigsaw Strategy to Enhance the 21st Century Skills of 9th Graders.	PjBL-STEM dengan strategi Jigsaw mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan komunikasi siswa secara signifikan dibandingkan pembelajaran inkuiri. Siswa lebih terlatih dalam berargumentasi, menarik kesimpulan, dan berdiskusi.



19	(Kwon & Lee, 2025)	A Meta-analysis of STEM Project-Based Learning on Creativity	STEM-PBL memberikan pengaruh positif yang sangat signifikan terhadap kreativitas siswa dengan nilai effect size sebesar 3,888. Hasil menunjukkan bahwa STEM-PBL efektif dalam mengembangkan kreativitas melalui pemecahan masalah autentik.
20	(Lidya et al., 2024)	The Effect of Design-Based STEM Learning on Students' Scientific Creativity in Solar Energy Topic.	Design-Based STEM Learning memberikan pengaruh positif terhadap kreativitas ilmiah siswa. Aspek fleksibilitas dan orisinalitas meningkat lebih baik dibandingkan kelas kontrol.
21	(Sarioğlu & Özkaya, 2023)	Web Integrated STEM Learning: Effects on Students' Academic Achievement, Creativity and Metacognitive Awareness.	STEM berbasis web meningkatkan prestasi akademik, kreativitas, dan kesadaran metakognitif siswa secara signifikan dibandingkan pembelajaran konvensional
22	(Busyairi et al., 2023)	Development of Physics Learning Tools Based on the STEM-Creative Problem Solving Model to Increase Students' Scientific Literacy and Creativity	Perangkat pembelajaran berbasis STEMCPs yang dikembangkan memperoleh kategori valid berdasarkan penilaian ahli. Implementasi perangkat menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEMCPs mampu meningkatkan literasi sains dan kreativitas peserta didik. Model ini memfasilitasi siswa dalam mengidentifikasi masalah, menghasilkan ide kreatif, serta mengintegrasikan konsep sains, teknologi, teknik, dan matematika dalam penyelesaian masalah
23	(Zhong, 2024)	The Effect of Classroom Teacher-Student Interaction Characteristics and STEM Teaching Models on Student Creativity.	Hasil kajian menunjukkan bahwa karakteristik interaksi gurasiswa, terutama dukungan emosional, dukungan pembelajaran, dan pengelolaan kelas, berpengaruh positif terhadap kreativitas siswa. Selain itu, model pembelajaran STEM terbukti mampu meningkatkan kreativitas melalui pembelajaran lintas disiplin, pembelajaran berbasis proyek, dan pemecahan masalah autentik. STEM membantu siswa mengembangkan kemampuan berpikir inovatif, fleksibilitas berpikir, dan keterampilan menyelesaikan masalah secara kreatif.
24	(Hebebcı, 2022)	“The Effects of Integrated STEM Education Practices on Problem Solving Skills, Scientific Creativity, and Critical Thinking Dispositions”	Penerapan STEM terintegrasi memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap kemampuan pemecahan masalah, kreativitas ilmiah, dan disposisi berpikir kritis siswa. Kelompok eksperimen memperoleh skor lebih tinggi dibanding kelompok kontrol pada ketiga variabel tersebut.
25	(Eurika et al., 2023)	“Teacher and Student's Expectation towards Biochemistry STEM-based Module in Promoting Critical Thinking and Creativity”.	Dosen dan mahasiswa mengharapkan modul Biokimia berbasis STEM yang memuat masalah kontekstual, kegiatan desain eksperimen, integrasi unsur Science, Technology, Engineering, dan Mathematics (STEM), serta penyajian interaktif melalui video, gambar, flipbook, dan fitur penilaian



			berbasis teknologi. Modul tersebut dipandang mampu mendukung pengembangan berpikir kritis dan kreativitas.
--	--	--	--

PEMBAHASAN

Berdasarkan 25 artikel yang dianalisis, dapat disimpulkan bahwa implementasi Model Pembelajaran Mendalam berbasis *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) dengan *Solar Project* merupakan pendekatan yang efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreativitas peserta didik. Hasil analisis menunjukkan bahwa pembelajaran yang berpusat pada peserta didik melalui eksplorasi, pemecahan masalah nyata, dan proyek kontekstual mampu meningkatkan *Higher Order Thinking Skills* (HOTS), kreativitas, kolaborasi, komunikasi, serta literasi sains. Beberapa penelitian juga mengintegrasikan pendekatan tersebut dengan *Project Based Learning* (PjBL) untuk mendukung pelaksanaan pembelajaran berbasis proyek. Temuan ini didukung oleh penelitian Siadah et al. (2024), Azizah dan Angelina (2025), serta Yusra et al. (2025) yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM melalui PjBL memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis dan kreativitas dibandingkan pembelajaran konvensional.

Sebagian besar artikel juga menunjukkan bahwa *solar project* menjadi konteks pembelajaran yang relevan karena mampu menghubungkan konsep sains dengan permasalahan kehidupan nyata. Penelitian Widiawati et al. (2023) menunjukkan bahwa penerapan PjBL-STEM pada materi teknologi sel surya meningkatkan kemampuan berpikir kritis, komunikasi, dan partisipasi aktif siswa. Hasil tersebut diperkuat oleh Lidya et al. (2024) yang membuktikan bahwa *Design-Based STEM Learning* pada topik energi surya meningkatkan kreativitas ilmiah siswa, serta Manaf dan Ismail (2024) yang menunjukkan peningkatan kemampuan kognitif melalui pembelajaran berbasis panel surya. Selain itu, penelitian Hidayati (2025), Alfi dan Tralisno (2026), Nurazizah et al. (2025), Ilyas et al. (2026), dan Sembiring (2025) menegaskan bahwa integrasi *deep learning*, STEM, PjBL, dan teknologi seperti *artificial intelligence* serta *learning analytics* mampu menciptakan pembelajaran yang lebih bermakna, adaptif, dan mendorong kemampuan berpikir kritis, kreativitas, serta pemecahan masalah.

Keberhasilan implementasi STEM juga didukung oleh pengembangan perangkat pembelajaran yang berkualitas. Penelitian Putri dan Subekti (2024), Qoni'akh et al. (2025), Busyairi et al. (2023), dan Novy Eurika et al. (2023) menunjukkan bahwa e-modul, modul proyek, maupun perangkat pembelajaran berbasis STEM dinilai sangat layak dan berpotensi meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, literasi sains, serta kemampuan pemecahan masalah peserta didik. Temuan tersebut diperkuat oleh kajian Kwon dan Lee (2025), Pamungkas (2024), Zhong (2024), Hidayah dan Hulyana (2025), serta Hebebcı dan Usta (2022) yang menyimpulkan bahwa implementasi STEM secara konsisten memberikan dampak positif terhadap keterampilan abad ke-21, terutama kreativitas, berpikir kritis, komunikasi, kolaborasi, dan literasi sains.

Meskipun berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas implementasi STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreativitas peserta didik, sebagian besar penelitian masih berfokus pada penerapan STEM yang dipadukan dengan *Project Based Learning* (PjBL), sedangkan integrasi dengan Model Pembelajaran Mendalam (*Deep Learning*)



masih belum banyak dikaji. Padahal, pembelajaran mendalam berorientasi pada pemahaman konseptual yang bermakna, kemampuan refleksi, serta penerapan pengetahuan dalam berbagai situasi nyata sehingga berpotensi memperkuat implementasi STEM. Dengan dukungan *solar project* sebagai konteks pembelajaran yang autentik, peserta didik tidak hanya memperoleh pengalaman merancang dan menghasilkan suatu produk, tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, serta pemecahan masalah melalui proses pembelajaran yang lebih bermakna, kontekstual, dan berpusat pada peserta didik. Oleh karena itu, implementasi Model Pembelajaran Mendalam berbasis STEM dengan *Solar Project* menjadi pendekatan yang potensial untuk diterapkan dalam pembelajaran IPA/Fisika sekaligus memberikan peluang bagi penelitian lebih lanjut mengenai efektivitasnya pada berbagai materi dan jenjang pendidikan.

KESIMPULAN

Implementasi model pembelajaran mendalam (*deep learning*) berbasis *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) melalui *Solar Project* berpotensi meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreativitas peserta didik. Integrasi pembelajaran mendalam dengan STEM melalui proyek berbasis energi surya mampu menciptakan pengalaman belajar yang bermakna, kontekstual, dan berpusat pada peserta didik sehingga mendorong berkembangnya keterampilan berpikir tingkat tinggi, pemecahan masalah, serta kreativitas. Meskipun demikian, kajian yang secara khusus mengintegrasikan pembelajaran mendalam, STEM, dan *Solar Project* masih terbatas, sehingga diperlukan penelitian empiris lebih lanjut untuk memperkuat bukti efektivitasnya pada berbagai materi dan jenjang pendidikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfi, S., & Tralisno, A. (2026). Penerapan Pendekatan Deep Learning Dalam Meningkatkan Kemampuan Berfikir Kritis Materi Hukum Newton Universitas Adiwangsa Jambi , Indonesia. *MAGNETON: Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika*, 4(1), 57–68.
- Anggraini, W., Saqila, M. S., Suryadi, A., & Suwarna, I. P. (2025). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Energi Terbarukan melalui PjBL-STEM dengan Design Thinking Improving Students ' Critical Thinking Skills on Renewable Energy Material through PjBL-STEM with Design Thinking. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 13(2), 321–335.
- Aubel, I., Krinke, S., Mende, R., Dietrich, A., Bertau, M., Zeidler, H., & Zug, S. (2024). Industry 4 . 0-Driven STEM-Lab Modernization : Balancing Flexibility and Sustainability. *Chemie Ingenieur Technik*, 96(11), 1482–1489. <https://doi.org/10.1002/cite.202300236>
- Azizah, A., & Angelina, N. N. (2025). Efektivitas Pembelajaran Berbasis STEM dalam Meningkatkan Kreativitas dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMP Negeri 1 Jombang. *JOSME: Journal of Science and Mathematics Education*, 1(2), 32–38.
- Busyairi, A., Harjono, A., Taufik, M., Ardhuha, J., & Hasan, Y. (2023). Development of Physics Learning Tools Based on the STEM- Creative Problem Solving Model to Increase Students ' Scientific Literacy and Creativity. *KAPPA JOURNAL Physics & Physisc Education*, 7(3), 443–450.
- Eurika, N., Suratno, Sutarto, & Prihatin, J. (2023). Teacher and Student ' s Expectation towards Biochemistry STEM-based Module in Promoting Critical Thinking and Creativity. *JPPIPA Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 9120–9127. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i11.5382>
- Hebecci, M. T. (2022). The Effects of Integrated STEM Education Practices on Problem



- Solving Skills, Scientific Creativity, and Critical Thinking Dispositions. *Participatory Educational Research (PER)*, 9(6), 358–379.
- Hidayah, B., & Hulyana, I. (2025). Strategi Pendekatan Pembelajaran Deep Learning dalam Meningkatkan Kompetensi Berpikir Kritis dan Kreatif di Era Digital. *Manajeria (Jurnal Ilmu Manajemen Pendidikan)*, 04(02), 113–121.
- Hidayati, R. E. (2025). EFEKTIVITAS MODEL PBL-STEM DALAM MENDORONG DEEP LEARNING PADA MATERI LAJU REAKSI. *Jurnal Kediklatan Balai Diklat Keagamaan Jakarta*, 6(2), 312–325.
- Ilyas, Rahmi, M., Muchsin, & Safrijal. (2026). Deep Learning through a STEM-Integrated Project-Based Learning Model for Enhancing Students ' Creativity. *JPPIPA Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 12(1), 265–271. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v12i1.13050>
- Kwon, H., & Lee, Y. (2025). A meta-analysis of STEM project-based learning on creativity. *STEM Education*, 5(2), 275–290. <https://doi.org/10.3934/steme.2025014>
- Langi, J. P. (2025). Penerapan Model Problem Based Learning Terintegrasi STEM terhadap Keterampilan Berpikir Kritis pada Materi Hukum Newton. *Edu Cendikia: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 4(03), 1647–1655. <https://doi.org/10.47709/educendikia.v4i03>.
- Lidya, N., Habibah, H., & Suryadi, A. (2024). The effect of design-based STEM learning on students ' scientific creativity in solar energy topic. *Momentum: Physics Education Journal*, 8(2), 166–180. <https://doi.org/10.21067/mpej.v8i2.9767>
- Manaf, F., & Ismail, S. (2024). Penggunaan Pendekatan Science , Teknologi , Eengineering And Mathematics (STEM) Untuk Meningkatkan Kemampuan Kognitif Peserta Didik , Kelas XI SMA IT Fagogoru Kabupaten Halmahera Tengah Pada Konsep Panel Surya. *KUANTUM: Jurnal Pembelajaran & Sains Fisika*, 5(2), 65–82.
- Nurazizah, Z., Mubarak, A. S., Herawan, E., & Putri, D. P. (2025). Deep Learning with Project-Based Learning (PjBL) Model for Student Creativity. *Pedagogia: Jurnal Pendidikan*, 14(2), 239–252. <https://doi.org/10.21070/pedagogia.v14i2.1957>
- Pamungkas, M. S. H. (2024). Analisis Strategi Pembelajaran IPA Berbasis STEM Untuk Meningkatkan Kreativitas Dan Literasi Sains Siswa. *El Robih: Jurnal Pendidikan Madrasah Ibtidaiyah*, 1(2), 1–7.
- Pasaribu, J. V., Rawis, J. A. M., & Sumilat, J. M. (2026). Pengaruh Model Pembelajaran STEM terhadap Keterampilan Inovasi Peserta Didik Kelas V Pada Materi Tata Surya di SD GMIM IV Tomohon. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 4(3), 21502–21510.
- Qoni'Akh, Hayati, M. N., & Widiyanto, B. (2025). Pengembangan Modul Pembelajaran IPA Berbasis Proyek-STEM: Strategi Meningkatkan Kreativitas Siswa SMP. *JPMP (Jurnal Pendidikan MIPA Pancasakti)*, 9(2), 59–68.
- Sari, W. R., Prayitno, B. A., & Sarwanto. (2024). Pengembangan E-Modul Berbasis PjBL-STEM Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif Peserta Didik SMK Kelas X Pada Materi Proyek IPAS. *Proceeding Biology Education Conference*, 21(1), 144–153.
- Sarioğlan, A. B., & Özkaya, Ö. Ş. (2023). Web Integrated STEM Learning : Effects on Students ' Academic Achievement , Creativity and Metacognitive Awareness. *Journal of Science Learning*, 6(3), 315–326. <https://doi.org/10.17509/jsl.v6i3.56477>
- Sembiring, R. S. (2025). Pembelajaran IPA Berbasis STEM – PjBL : Tinjauan Kritis Implementasi dan Integrasi Teknologi Deep Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif Siswa STEM – PjBL-Based Science Learning : A Critical Review of Implementation and Deep. *Ibtida'i: Jurnal Kependidikan Dasar*, 12(2), 233–248.
- Siadah, K., Tobing, V. M. T. L., & Isman, S. (2024). Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) Terintegrasi STEM Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis



- dan Kreativitas Siswa SMAN 1 Pademawu. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(23), 883–897.
- Widiawati, R., Permanasari, A., & Ardianto, D. (2023). Learning Challenge : Solar Cell Technology in PjBL- STEM Learning Using Jigsaw Strategy to Enhance the 21 st Century Skills of 9 th Graders. *JPPIPA Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(10), 8846–8851. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.5126>
- Yusra, R. A., Kusumah, F. H., & Suryadi, A. (2025). Pengaruh PjBL-STEM terhadap Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis pada Materi Energi Terbarukan dalam Mendukung Pendidikan yang Berkualitas The Effect of PjBL-STEM on Enhancing Critical Thinking Skills in Renewable Energy Topics to Support Quality Educ. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 13(Special Issue), 26–37.
- Zhong, S. (2024). The Effect of Classroom Teacher-Student Interaction Characteristics and STEM Teaching Models on Student Creativity. *APMM*, 02(009).