

Penerapan Project-Based Learning Terintegrasi E-STREAM Berbasis Lingkungan terhadap Literasi Sains dan Kreativitas Siswa SMP: A Systematic Literature Review

Ririh Widowati^{*1}, Agustina N.T², Supriyatna A³

^{1,2,3}Magister IPA, Tadris IPA, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, Indonesia
Email: ¹ririhw1@gmail.com, ²triwahyuagustina123@gmail.com, ³atengsupriatna@uinsgd.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dampak penerapan Project-Based Learning (PjBL) yang terintegrasi dengan Environmental-STREAM (E-STREAM) terhadap peningkatan literasi sains dan kreativitas siswa SMP. Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) dengan mengacu pada pedoman PRISMA 2020 untuk menjamin transparansi dan keterulangan proses kajian. Studi ini menekankan pentingnya mengontekstualisasikan pembelajaran dengan isu-isu lingkungan yang relevan untuk melibatkan siswa dalam proses penyelidikan ilmiah yang autentik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi E-STREAM secara signifikan meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep ilmiah, kemampuan penalaran berbasis bukti, serta keterampilan berpikir kritis mereka. Selain itu, penggunaan konteks lingkungan dalam proyek pembelajaran mendorong kreativitas siswa dengan mengajak mereka merancang, bereksperimen, dan mengembangkan solusi inovatif terhadap tantangan nyata. Implikasi pedagogis dari penelitian ini menunjukkan bahwa guru perlu merancang proyek yang menggabungkan penyelidikan ilmiah dengan isu-isu lingkungan, mempromosikan pembelajaran kolaboratif, serta menggunakan penilaian autentik untuk menilai literasi sains dan kreativitas secara bersamaan. Temuan ini memberikan kontribusi teoretis dalam pengembangan pembelajaran E-STREAM dan praktis sebagai panduan bagi guru IPA SMP dalam merancang pembelajaran yang adaptif terhadap tuntutan Pendidikan Era Transformasi Global.

Kata kunci: *E-STREAM, Kreativitas, Literasi Sains, Pendidikan Lingkungan, Project-Based.*

The Implementation of Environmental-Based E-STREAM Integrated Project-Based Learning on Science Literacy and Creativity of Junior High School Students: A Systematic Literature Review

Abstract

This study aims to examine the impact of the implementation of Project-Based Learning (PjBL) integrated with Environmental-STREAM (E-STREAM) on enhancing science literacy and creativity among junior high school students. The study uses the Systematic Literature Review (SLR) method, following the PRISMA 2020 guidelines to ensure transparency and replicability of the review process. This study emphasizes the importance of contextualizing learning with relevant environmental issues to engage students in authentic scientific inquiry. The findings indicate that the integration of E-STREAM significantly improves students' understanding of scientific concepts, evidence-based reasoning skills, and critical thinking abilities. Furthermore, using environmental contexts in the learning projects encourages students' creativity by involving them in designing, experimenting, and developing innovative solutions to real-world challenges. The pedagogical implications of this research suggest that teachers should design projects that combine scientific inquiry with environmental issues, promote collaborative learning, and use authentic assessments to measure both science literacy and creativity simultaneously. These findings contribute both theoretically to the development of E-STREAM learning and practically as a guide for science teachers in junior high schools to design learning that is adaptable to the demands of Education in the Era of Global Transformation.

Keywords: *Creativity, Environmental Education, E-STREAM, Project-Based Learning, Science Literacy.*

1. PENDAHULUAN

Literasi sains merupakan kompetensi esensial dalam menghadapi tantangan global abad ke-21, terutama dalam memahami fenomena ilmiah, mengevaluasi informasi berbasis bukti, serta mengambil keputusan yang bertanggung jawab dalam konteks kehidupan nyata [1], [2]. Sejalan dengan itu, kreativitas menjadi kemampuan kunci yang memungkinkan peserta didik menghasilkan ide-ide inovatif dan solusi alternatif terhadap permasalahan kompleks yang bersifat multidimensional [3], [4]. Kedua kompetensi ini tidak dapat dipisahkan dalam pembelajaran modern karena berkontribusi langsung terhadap kesiapan siswa menghadapi dinamika Pendidikan Era Transformasi Global yang menuntut kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif.

Namun demikian, realitas di lapangan menunjukkan bahwa pembelajaran IPA di sekolah masih didominasi oleh pendekatan konvensional yang berfokus pada penguasaan konsep dan penyelesaian soal rutin [5], [6]. Kondisi ini berdampak pada rendahnya kemampuan siswa dalam mengaitkan konsep ilmiah dengan fenomena nyata, serta terbatasnya kesempatan untuk mengembangkan kreativitas dalam proses pembelajaran. Akibatnya, literasi sains dan kreativitas siswa berkembang secara parsial dan belum terintegrasi secara optimal.

Sebagai respon terhadap permasalahan tersebut, pendekatan lintas disiplin seperti STEM dan STEAM telah banyak dikembangkan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Dalam perkembangannya, pendekatan ini diperluas menjadi E-STREAM (*Environmental-Science, Technology, Religion, Engineering, Arts, and Mathematics*) yang menekankan integrasi aspek lingkungan sebagai sumber masalah autentik, sekaligus memasukkan dimensi nilai dan konteks lokal dalam pembelajaran. Pendekatan E-STREAM memungkinkan siswa mengaitkan konsep-konsep ilmiah dengan isu lingkungan di sekitar mereka, sehingga meningkatkan kebermaknaan belajar dan keterlibatan siswa secara aktif. Studi mutakhir menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis lingkungan tidak hanya meningkatkan literasi sains, tetapi juga mendorong kreativitas melalui eksplorasi solusi terhadap permasalahan nyata yang kompleks dan kontekstual.

Di sisi lain, Project-Based Learning (PjBL) merupakan model pembelajaran yang secara teoritis dan empiris terbukti efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi melalui aktivitas berbasis proyek [7], [8]. PjBL memberikan ruang bagi siswa untuk terlibat dalam proses penyelidikan ilmiah secara autentik, mulai dari identifikasi masalah, perancangan solusi, hingga evaluasi hasil. Integrasi PjBL dengan pendekatan E-STREAM menjadi strategi yang potensial karena mampu menggabungkan kekuatan pembelajaran berbasis proyek dengan konteks lingkungan sebagai sumber belajar yang relevan [9], [10].

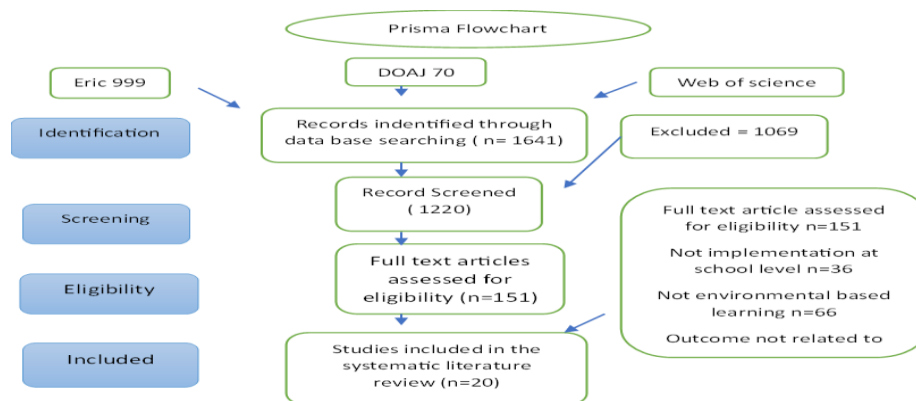
Meskipun demikian, hasil penelitian terkait penerapan PjBL terintegrasi E-STREAM berbasis lingkungan masih menunjukkan variasi yang signifikan, baik dari segi konteks, desain pembelajaran, maupun hasil yang dilaporkan. Sebagian penelitian hanya berfokus pada peningkatan literasi sains tanpa mengkaji aspek kreativitas, sementara penelitian lainnya menitikberatkan pada kreativitas tanpa mengintegrasikan indikator literasi sains secara komprehensif. Selain itu, kajian yang secara simultan mengintegrasikan PjBL, E-STREAM, dan konteks lingkungan dalam satu kerangka analisis yang utuh masih relatif terbatas.

Berdasarkan kondisi tersebut, terdapat *research gap* yang jelas terkait perlunya sintesis komprehensif terhadap penelitian-penelitian yang mengkaji integrasi PjBL dan E-STREAM berbasis lingkungan dalam meningkatkan literasi sains dan kreativitas secara simultan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara sistematis karakteristik, tren, dan temuan penelitian terkait penerapan PjBL–E-STREAM berbasis lingkungan melalui pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) dengan mengacu pada pedoman PRISMA 2020.

Secara khusus, penelitian ini dirumuskan dalam tiga *review questions* (RQ), yaitu: (1) bagaimana dampak penerapan PjBL–E-STREAM berbasis lingkungan terhadap literasi sains siswa SMP; (2) bagaimana pengaruhnya terhadap kreativitas siswa; dan (3) apa implikasi pedagogis dari penerapan pendekatan tersebut dalam pembelajaran IPA SMP.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan mengacu pada pedoman PRISMA 2020 untuk menjamin transparansi dan keterulangan proses kajian [11]. Tahapan SLR meliputi identifikasi, penyaringan (*screening*), kelayakan (*eligibility*), dan inklusi artikel sesuai alur *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). Penelusuran artikel dilakukan melalui basis data ERIC, DOAJ, dan Web of Science dengan rentang publikasi tahun 2020–2025.



Gambar 1. Prisma Flowchart artikel diseleksi

Prisma Flowchart artikel di seleksi berdasarkan kriteria inklusi yang mencakup: (1) penelitian pembelajaran IPA pada jenjang SMP, (2) penerapan model Project-Based Learning (PjBL) atau pendekatan STEM/STEAM/E-STREAM berbasis lingkungan, serta (3) pelaporan hasil yang berkaitan dengan literasi sains dan/atau kreativitas siswa. Kata kunci yang digunakan meliputi *project-based learning* (PjBL), STEM/STEAM, *environmental STEM*, E-STREAM, *scientific literacy*, dan *creativity*. Artikel yang tidak relevan atau tidak menyajikan data empiris yang jelas dikeluarkan dari kajian.

Proses seleksi dilakukan secara bertahap melalui penyaringan judul dan abstrak, dilanjutkan dengan penelaahan teks lengkap untuk memastikan kesesuaian dengan kriteria inklusi. Artikel yang memenuhi kriteria dianalisis secara kualitatif menggunakan teknik *content analysis* untuk mengidentifikasi tren penelitian, karakteristik pembelajaran, serta temuan utama terkait pengembangan literasi sains dan kreativitas siswa melalui PjBL–E-STREAM berbasis lingkungan [12].

Hasil penelusuran dan seleksi literatur menunjukkan bahwa artikel yang memenuhi kriteria inklusi didominasi oleh penelitian yang menerapkan Project-Based Learning (PjBL) dalam konteks pembelajaran IPA berbasis masalah nyata, khususnya isu lingkungan. Sebagian besar studi melaporkan bahwa PjBL memberikan dampak positif terhadap literasi sains siswa, terutama pada aspek pemahaman konsep, penalaran berbasis bukti, serta kemampuan pengambilan keputusan ilmiah [13][16]. Temuan ini menunjukkan bahwa keterlibatan siswa dalam proyek berbasis masalah mampu memfasilitasi proses konstruksi pengetahuan secara lebih mendalam dibandingkan pembelajaran konvensional.

Selain itu, integrasi pendekatan STEM/STEAM maupun E-STREAM dalam PjBL terbukti memperkuat keterkaitan antara konsep IPA dan konteks kehidupan nyata. Lingkungan berperan sebagai sumber masalah autentik yang mendorong siswa melakukan proses ilmiah secara utuh, mulai dari observasi, pengumpulan data, analisis, hingga penyusunan solusi [19], [20]. Hal ini sejalan dengan kerangka literasi sains yang menekankan kemampuan penggunaan pengetahuan dalam konteks nyata dan pengambilan keputusan berbasis bukti [9].

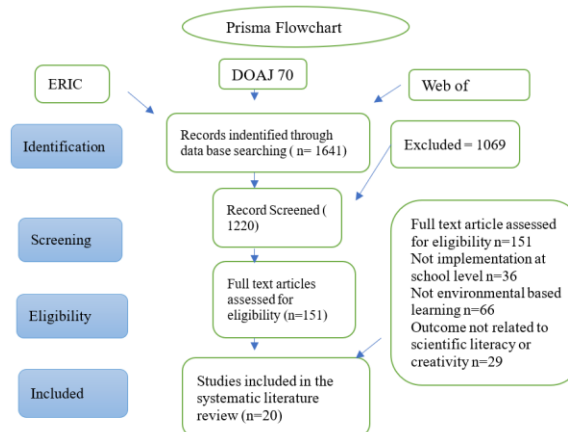
Dari sisi kreativitas, hasil kajian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek dan lintas disiplin secara konsisten berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan berpikir kreatif siswa. Studi menunjukkan bahwa siswa tidak hanya mampu menghasilkan ide, tetapi juga merancang solusi alternatif serta mengembangkan produk atau prototipe sebagai hasil pembelajaran [14], [18]. Integrasi unsur *Engineering* dan *Arts* dalam E-STREAM memberikan ruang eksplorasi yang lebih luas, sehingga kreativitas berkembang sebagai bagian dari proses pembelajaran, bukan sekadar hasil akhir.

Secara kritis, meskipun sebagian besar penelitian menunjukkan hasil positif, terdapat variasi temuan yang dipengaruhi oleh desain proyek, durasi pembelajaran, serta kesiapan guru dalam mengimplementasikan pendekatan PjBL–E-STREAM. Hal ini menunjukkan adanya kebutuhan untuk standarisasi implementasi serta penguatan desain pembelajaran berbasis lingkungan agar dampaknya lebih konsisten. Dengan demikian, integrasi PjBL dan E-STREAM berbasis lingkungan memiliki potensi besar dalam mengembangkan literasi sains dan kreativitas secara simultan, namun masih memerlukan penguatan pada aspek implementasi pedagogis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis 20 paper di 5 tahun terakhir 2020-2025 maka di peroleh Kesimpulan bahwa:

Flowchart artikel diseleksi berdasarkan kriteria inklusi yang mencakup: (1) penelitian pembelajaran IPA pada jenjang SMP, (2) penerapan model



Gambar 2. Diagram proses seleksi literatur Prisma Flowchart

Tabel 1. Sintesis SLR PjBL/STEM/STREAM terhadap Literasi Sains (2021–2025)

No	Author & Tahun	Jenjang / Subjek	Model / Pendekatan	Fokus Studi	Inti	Novelty (Kebaruan)	Research Gap (Celah)
1	Adriyawati et al. (2020)	SD	STEAM–PjBL	Literasi sains	Proyek STEAM membuat siswa SD lebih paham konsep sains lewat aktivitas nyata.	STEAM berbasis proyek untuk siswa SD.	Belum berbasis lingkungan lokal & jangka panjang.
2	Aguilera & Ortiz-Revilla (2021)	Multi-jenjang	STEM/STEAM (SLR)	Kreativitas	STEM dan STEAM meningkatkan kreativitas siswa.	Perbandingan sistematis STEM vs STEAM.	Belum fokus literasi sains & konteks lokal.
3	Alghamdi et al. (2022)	Middle school	Intervensi sains kontekstual	Literasi sains	Isu nyata membantu siswa memahami konsep dan bukti ilmiah.	Konteks isu global (epidemiologi).	Bukan PjBL penuh & tanpa proyek produk.
4	Arifani et al. (2024)	SD	STREAM–PjBL (R&D)	Literasi sains	Media STREAM berbasis proyek efektif meningkatkan literasi sains.	Integrasi STREAM + media pembelajaran.	Belum diuji lintas jenjang.
5	Atiaturrahman (2022)	SD	STEAM–PjBL	Literasi & minat	Proyek STEAM meningkatkan minat dan pemahaman sains siswa.	STEAM kreatif untuk siswa SD.	Belum mengukur berpikir sistem.

No	Author & Tahun	Jenjang / Subjek	Model / Pendekatan	Fokus Studi	Inti	Novelty (Kebaruan)	Research Gap (Celah)
6	Fuadi et al. (2020)	SMP	Pembelajaran kontekstual	Literasi sains	Literasi sains meningkat saat pembelajaran dikaitkan dengan kehidupan nyata.	Fokus konteks lokal siswa.	Tidak menggunakan sintaks PjBL lengkap.
7	Fuadi et al. (2022)	SMP	Kontekstual berbasis proyek	Literasi sains	Proyek kontekstual berpengaruh kuat terhadap literasi sains.	Integrasi proyek & konteks nyata.	Belum terintegrasi STEM/STREAM.
8	Jayati & Fitriani (2025)	Mahasiswa	PjBL	Literasi sains	Proyek budidaya tanaman meningkatkan literasi sains signifikan.	Konteks fisiologi tumbuhan.	Belum integrasi teknologi & STREAM.
9	Nuramalina et al. (2022)	SMP	PjBL-STEAM	Literasi sains	STEAM-PjBL meningkatkan literasi sains dan motivasi belajar.	Integrasi STEAM pada PjBL SMP.	Belum fokus kreativitas & sistem.
10	Okoye & Osuafor (2021)	Secondary school	PjBL	Literasi sains	PjBL lebih efektif dibanding metode konvensional.	Bukti empiris PjBL sains.	Belum berbasis lingkungan lokal.
11	Pertiwi et al. (2024)	SMA	STEM-PjBL	Literasi lingkungan	STEM-PjBL lebih efektif dari PjBL biasa.	Literasi lingkungan berbasis STEM.	Belum ukur kreativitas & berpikir sistem.
12	Rahman & Rachmadiarti (2021)	SMP	PjBL	Literasi sains	Siswa lebih paham konsep dan penerapan sains.	PjBL untuk literasi sains SMP.	Belum integrasi STREAM.
13	Reswara et al. (2024)	SMP	PjBL kontekstual	Data sains	Proyek kontekstual memperkuat analisis data sains.	Fokus pada pemahaman data.	Belum ukur literasi sains utuh.
14	Safaruddin et al. (2020)	Siswa	PjBL + media	Proses sains	Media elektronik memperkuat dampak PjBL.	Integrasi PjBL & media digital.	Literasi sains belum spesifik.

No	Author & Tahun	Jenjang / Subjek	Model / Pendekatan	Fokus Studi	Inti	Novelty (Kebaruan)	Research Gap (Celah)
15	Setiyadi et al. (2024)	SMA–Mahasiswa	Meta-analisis PjBL	Proses sains	PjBL berpengaruh besar pada keterampilan proses sains.	Bukti level tinggi (meta-analisis).	Belum fokus konteks lingkungan.
16	Suganda et al. (2021)	Siswa	STEAM + lingkungan	Kreativitas	STEAM berbasis lingkungan meningkatkan kreativitas siswa.	Integrasi STEAM & lingkungan.	Literasi sains belum diukur.
17	Suryanti et al. (2024)	SD	STEAM–PjBL	Literasi sains	STEAM–PjBL lebih efektif dari metode biasa.	Bukti empiris SD terbaru.	Belum lintas jenjang.
18	Utaminingsih et al. (2023)	SMP	E-Module STEAM–PjBL	Literasi sains	E-module proyek membantu pemahaman konsep dan data sains.	Media digital STEAM–PjBL.	Dampak jangka panjang belum dikaji.
19	Wulandari & Sari (2023)	SMA	PjBL	Literasi sains	PjBL berpengaruh kuat pada literasi dan proses sains.	Penguatan bukti PjBL SMA.	Belum integrasi STREAM.
20	Yusof et al. (2021)	SMA	PjBL	Berpikir ilmiah	PjBL melatih berpikir ilmiah dan komunikasi sains.	Fokus komunikasi sains.	Literasi sains belum spesifik.

Hasil sintesis pada **Tabel 1** menunjukkan bahwa penerapan *Project-Based Learning* (PjBL) yang terintegrasi dengan pendekatan E-STREAM berbasis lingkungan secara konsisten berkontribusi terhadap peningkatan literasi sains siswa. Pembelajaran berbasis proyek yang berangkat dari isu lingkungan nyata memungkinkan siswa tidak hanya memahami konsep IPA secara teoritis, tetapi juga menggunakannya untuk menjelaskan fenomena, menafsirkan data, serta mengambil keputusan berbasis bukti [13]–[16].

Temuan ini sejalan dengan pandangan bahwa literasi sains mencakup kemampuan menggunakan pengetahuan ilmiah dalam konteks kehidupan nyata serta pengambilan keputusan yang bertanggung jawab [9]. Selain itu, konteks lingkungan sebagai sumber masalah autentik mendorong siswa terlibat dalam proses ilmiah secara utuh, mulai dari observasi, pengumpulan data, analisis, hingga penyusunan solusi, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna dan kontekstual.

Secara pedagogis, proyek berbasis lingkungan memperkuat keterkaitan antara konsep IPA dan fenomena nyata di sekitar siswa. Hal ini meningkatkan kebermaknaan belajar serta keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran IPA, karena mereka dihadapkan pada situasi nyata yang menuntut penerapan konsep secara langsung.

3.1. Pengaruh terhadap Kreativitas Siswa

Selain meningkatkan literasi sains, integrasi PjBL dan E-STREAM berbasis lingkungan juga mendorong perkembangan kreativitas siswa. Berdasarkan sintesis pada **Tabel 1**, siswa dalam pembelajaran berbasis proyek menunjukkan kemampuan menghasilkan ide, merancang solusi alternatif, serta mengembangkan produk atau prototipe sebagai hasil pembelajaran [14], [18].

Proses ini memberikan ruang bagi siswa untuk berpikir divergen, bereksperimen, serta merevisi hasil berdasarkan umpan balik, sehingga kreativitas berkembang sebagai bagian alami dari proses pembelajaran. Temuan ini sejalan dengan kajian yang menyatakan bahwa kreativitas dalam pembelajaran STEM/STEAM berkembang melalui keterlibatan siswa dalam proses desain dan rekayasa serta eksplorasi berbagai alternatif solusi [10], [11].

Unsur *Arts* dalam E-STREAM berperan penting dalam memperkaya proses pembelajaran melalui aktivitas desain produk, visualisasi data, dan pembuatan media komunikasi ilmiah. Hal ini memungkinkan siswa mengekspresikan ide secara kreatif dan komunikatif, sehingga meningkatkan orisinalitas dan kualitas produk yang dihasilkan.

3.2. Implikasi Pedagogis dalam Pembelajaran IPA

Hasil sintesis menunjukkan bahwa integrasi PjBL–E-STREAM berbasis lingkungan memiliki implikasi penting dalam pembelajaran IPA SMP. Lingkungan tidak hanya berfungsi sebagai konteks, tetapi sebagai sumber masalah (*problem source*) yang memicu proses ilmiah siswa, seperti observasi, pengukuran, analisis, dan argumentasi ilmiah. Dengan demikian, pembelajaran tidak hanya berorientasi pada hasil, tetapi juga pada proses berpikir ilmiah dan kreatif secara simultan.

Komponen E-STREAM berkontribusi secara sinergis dalam pembelajaran. Unsur *Environment* meningkatkan relevansi dan keterlibatan siswa, *Science, Technology*, dan *Engineering* mendorong eksplorasi dan perancangan solusi, *Arts* memperkaya ekspresi kreatif, serta *Mathematics* mendukung analisis kuantitatif. Integrasi ini menciptakan pembelajaran lintas disiplin yang holistik dan bermakna.

Namun demikian, analisis pada kolom *research gap* dalam **Tabel 1** menunjukkan bahwa masih terdapat beberapa keterbatasan, seperti belum optimalnya integrasi konteks lingkungan dalam beberapa penelitian, keterbatasan dalam pengukuran kreativitas, serta variasi desain pembelajaran yang memengaruhi hasil penelitian [17], [18].

Berdasarkan temuan tersebut, guru perlu merancang proyek yang kontekstual, berbasis masalah lingkungan, serta memberikan ruang variasi solusi antar kelompok. Selain itu, asesmen pembelajaran perlu mengintegrasikan penilaian literasi sains dan kreativitas melalui rubrik yang menilai argumentasi berbasis data, pemahaman konsep, orisinalitas ide, serta kemampuan elaborasi. Tahap presentasi atau publikasi hasil proyek juga perlu diintegrasikan sebagai bagian dari pembelajaran, karena dapat mendorong refleksi dan penyempurnaan ide siswa.

4. KESIMPULAN

Hasil *Systematic Literature Review* menunjukkan bahwa penerapan *Project-Based Learning* (PjBL) yang terintegrasi dengan pendekatan E-STREAM berbasis lingkungan secara konsisten berkontribusi terhadap peningkatan literasi sains dan kreativitas siswa SMP. Pembelajaran yang berangkat dari isu lingkungan nyata memungkinkan siswa mengaitkan konsep IPA dengan fenomena kehidupan sehari-hari, sehingga mendorong pemahaman konseptual, penalaran berbasis bukti, serta kemampuan pengambilan keputusan ilmiah yang lebih bermakna.

Selain itu, integrasi E-STREAM memperkuat efektivitas PjBL melalui pendekatan lintas disiplin yang holistik. Unsur *Environment* berperan sebagai pemicu keterlibatan siswa, sementara *Science, Technology*, dan *Engineering* mendukung proses eksplorasi dan perancangan solusi. Komponen *Arts* memberikan ruang ekspresi kreatif, dan *Mathematics* memperkuat kemampuan analisis, sehingga pembelajaran tidak hanya berorientasi pada produk, tetapi juga pada proses berpikir ilmiah dan kreatif secara simultan.

Implikasi pedagogis dari temuan ini menunjukkan bahwa guru perlu merancang proyek berbasis lingkungan yang kontekstual, memberikan ruang variasi solusi, serta menggunakan asesmen autentik yang mampu menilai literasi sains dan kreativitas secara terpadu.

Meskipun demikian, variasi desain penelitian dan konteks implementasi dalam literatur menunjukkan perlunya penelitian empiris lanjutan untuk menguji efektivitas PjBL–E-STREAM pada berbagai materi IPA serta mengembangkan model pembelajaran yang lebih terstandar dan adaptif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] OECD, "PISA 2022 Results: Science Performance (Volume II)," OECD Publishing, Paris, 2022, doi: 10.1787/7c1c0fcb-en.
- [2] D. Aguilera and R. Ortiz-Revilla, "STEM vs. STEAM education and student creativity: A systematic literature review," *Education Sciences*, vol. 11, no. 7, 2021, doi: 10.3390/educsci11070331.
- [3] H. Fuadi, A. Z. Robbia, and A. W. Jufri, "Analisis faktor penyebab rendahnya literasi sains peserta didik," *Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, vol. 5, 2020.
- [4] R. D. Jayati and L. Fitriani, "Enhancing scientific literacy through project-based learning in plant physiology," *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 11, no. 8, 2025, doi: 10.29303/jppipa.v11i8.11921.
- A. Doyan, S. Hadi, and M. Gunawan, "Trends research project-based learning model to improve science process skills," *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 10, no. 10, 2024.
- [5] M. W. Setiyadi, A. A. I. Agung, and R. Sudiarmika, "Meta-analysis: The effect of project-based learning on science process skills," *Jurnal Pendidikan IPA*, vol. 10, 2024.
- [6] L. I. Arifani and W. Isnaeni, "Development of STREAM-based learning media to improve students' science literacy," *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, vol. 12, no. 3, 2024.
- [7] R. Istiana, S. Hidayat, and N. Azizah, "STEM learning to improve environmental problem-solving ability," *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 9, no. 3, 2023.
- [8] P. Kumar et al., "Environmental socio-scientific issues as contexts in developing scientific literacy: A systematic review," *Social Sciences & Humanities Open*, vol. 9, 2024, doi: 10.1016/j.ssaho.2023.100765.
- [9] M. Nur, R. Hasanah, and F. Rahmawati, "Project-based learning in improving scientific literacy: A systematic literature review," 2023.
- [10] M. J. Page et al., "The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews," *BMJ*, 2021, doi: 10.1136/bmj.n71.
- [11] Rizkiana, D. Wulandari, and S. Purnomo, "Effectiveness of project-based learning in improving creativity in science education," 2023.
- [12] M. W. Setiyadi et al., "Meta-analysis of project-based learning on science process skills," 2024.
- [13] Suganda et al., "STEAM-based environmental learning to improve students' creativity," 2021.
- [14] Suryanti et al., "STEAM-PjBL to improve science literacy in junior high school," 2024.
- [15] Utaminingsih et al., "E-module STEM-PjBL in science learning," 2023.
- [16] Wulandari and Sari, "The effect of project-based learning on science literacy," 2023.
- [17] Yusof et al., "Project-based learning in developing scientific thinking skills," 2021.
- [18] G. Astawan, N. M. Anggreni, and D. Anggreni, "STEM-based scientific learning to improve critical thinking," 2023.
- [19] W. Artika and R. Rosemary, "Environmental STEM in climate change learning," 2023.