



## STEM Learning dalam Konteks Pendidikan Sains: Analisis Sistematis terhadap Implikasi dan Dampaknya bagi Peserta Didik

Rini Nurbayti<sup>1\*</sup>, Arifah Novia Arifin<sup>1</sup>, Nur Intan Rri Rejeki<sup>1</sup>, Hamidah Samad<sup>1</sup>, Adnan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi pendidikan Biologi, Program Pascasarjana, Universitas Negeri Makassar, Makassar, Indonesia..

DOI: <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i1.1570>

### Article Info:

Received : 02 Desember 2025  
Revised : 12 Desember 2025  
Accepted : 26 Desember 2025  
Published : 18 Januari 2026

### Correspondence:

Nurbayti

Phone : +6281339829506

**Abstract:** Abstract: This study aims to systematically analyze the implications and impacts of the application of Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) in the context of science education on student competencies. The study was conducted through a Systematic Literature Review (SLR) approach to 48 Scopus-indexed scientific articles published in the 2023–2025 period with the keyword STEM Learning and focusing on elementary and secondary education levels. Data analysis was conducted using Microsoft Excel and VOSviewer software to identify publication trends, research focuses, and emerging key themes. The results show that STEM learning has positive implications for strengthening 21st-century competencies, particularly critical thinking, problem-solving, collaboration, and scientific communication skills. In addition, the application of innovative models such as Project-Based Learning, Design Thinking, Co-Learning, STEM-R, and Ethnoscience broadens the meaning of science education to be more contextual and humanistic. STEM learning also emphasizes the strategic role of teachers as facilitators of innovation and agents of educational change. Overall, this study concludes that STEM implementation is an effective strategy for comprehensively developing students' scientific literacy and character, while also providing direction for developing a science curriculum relevant to 21st-century needs.

**Keywords:** STEM Learning; Science Education; Implications; Impact; Students

**Citation:** Nurbayti, R., Novia Arifin, A., Intan Rri Rejeki, N., Samad, H., & Adnan. (2026). STEM Learning dalam Konteks Pendidikan Sains: Analisis Sistematis terhadap Implikasi dan Dampaknya bagi Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 7(1), 127–140. <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i1.1570>

## Pendahuluan

Pendidikan sains memainkan peran penting dalam menyiapkan peserta didik agar responsif dan mampu beradaptasi dengan perubahan serta kompleksitas dinamika global di era abad ke-21. Hal ini terjadi sebab hampir seluruh kegiatan manusia berkaitan dengan sains atau proses ilmiah. Aktivitas berpikir kritis termasuk dalam keterampilan intelektual esensial yang perlu diasah karena berperan dalam pengambilan keputusan yang rasional. Dalam proses pendidikan sains, keterampilan ini dipandang sebagai komponen fundamental yang harus dikembangkan guna menjawab tantangan global (Sarwi et al., 2024). Jadi secara global, STEM dipandang sebagai kunci untuk meningkatkan daya saing bangsa, mendorong

inovasi, dan mempersiapkan generasi yang mampu berpartisipasi secara efektif dalam masyarakat abad ke-21 yang terus berubah (Bybee, 2013).

Tantangan abad ke-21 dalam perkembangan sains ditandai dengan cepatnya penerapan transformasi digital sebagai sebuah inovasi yang dapat menumbuhkan kecakapan peserta didik dalam berpikir analitis, berinovasi, berkomunikasi secara efektif, serta berkolaborasi secara produktif. STEM learning pada era global menjadi semakin penting dalam konteks pendidikan sains. Voogot et al., (2013) mengemukakan bahwa dalam era digital, peserta didik perlu mengembangkan berbagai kompetensi intelektual dan sosial, seperti bernalar kritis, inovasi kreatif, kerja sama lintas bidang (kolaborasi), serta komunikasi efektif yang

relevan dengan kebutuhan global. Pendidikan sains tidak lagi sekadar menyampaikan fakta-fakta dan rumus, melainkan menyiapkan individu yang memiliki kemampuan bernalar kritis, pemecahan masalah, berinovasi, dan kolaboratif. Kompetensi-kompetensi tersebut dianggap esensial dalam menghadapi kompleksitas kehidupan global era modern.

Pendekatan STEM hadir sebagai kerangka kolaborasi multidisipliner yang memadukan prinsip pengetahuan ilmiah (sains), keterampilan teknologi, prinsip rekayasa dan penerapan matematis dalam aktivitas pembelajaran yang otentik dan kontekstual. Harapannya agar pendidikan sains dapat menjadi lebih bermakna dan relevan (Bybee, 2013). Hal ini didukung oleh penelitian Margot & Kettler, (2019) yang mengungkap bahwa integrasi STEM dalam pendidikan berperan menyiapkan individu dengan kapasitas intelektual dan keterampilan bernalar kritis, pemecahan masalah serta kolaborasi, yang esensial dan diperlukan peserta didik. Lebih jauh, kajian sistematis dan meta-analisis terbaru menunjukkan bahwa penerapan STEM dalam pendidikan mampu memperbaiki performa akademik serta efektivitas proses belajar peserta didik. Sementara itu, Wahono, et al., (2020) mengungkap bahwa pelaksanaan STEM secara sistematis turut meningkatkan motivasi dan pemikiran tingkat lebih tinggi (*higher-order thinking skills*) peserta didik.

Meskipun urgensi pendidikan STEM diakui secara luas, implementasinya dalam pendidikan sains masih menghadapi berbagai kendala. Evaluasi internasional yang dilakukan oleh Programme for International Student Assessment (PISA) menegaskan bahwa kompetensi literasi sains peserta didik Indonesia belum mencapai tingkat rata-rata negara anggota OECD (OECD, 2019). Pendidikan sains di sekolah umumnya masih berpusat pada guru, bersifat teoritis, serta kurang mengaitkan konsep dengan konteks kehidupan nyata (Yuliati & Lestari, 2021). Pemerintah Indonesia juga telah memberikan perhatian yang besar terhadap pengembangan pendidikan STEM. Namun demikian, implementasi pendekatan STEM dalam pendidikan sains belum bebas dari tantangan. Ketersediaan sumber daya, pelatihan guru, kesiapan institusi dan konteks pembelajaran sangat memengaruhi keberhasilan penerapan STEM (Cahyanti, et al., 2024). Pendidikan sains di sekolah umumnya masih berpusat pada guru, bersifat teoretis, serta kurang mengaitkan konsep dengan konteks kehidupan nyata (Yuliati & Lestari, 2021).

Maka dari itu perlunya melakukan analisis mendalam terkait implikasi serta dampak implementasi STEM dalam pendidikan itu sendiri. Kajian ini bertujuan untuk menganalisis terkait implementasi dan dampak STEM learning terhadap praktik pendidikan sains dan kompetensi Peserta Didik. Pendekatan Systematic

Literature Review (SLR) diterapkan sebagai dasar analisis, dalam mengompilasi dan mengevaluasi artikel ilmiah pada periode publikasi 2023 hingga 2025 yang fokus pada peserta didik lintas sekolah. Melalui analisis sistematis terhadap literatur yang relevan, artikel ini berupaya menyajikan pemahaman komprehensif terkait implikasi dan dampak STEM learning terhadap praktik pendidikan sains dan kompetensi Peserta Didik sekaligus memberikan arah pengembangan inovasi kurikulum sains di Indonesia yang adaptif dan kontekstual.

## Metode

### Kerangka Penelitian

Topik ilmiah dikaji melalui metode Systematic Literature Review (SLR) untuk memperoleh pemahaman komprehensif berdasarkan penelitian terdahulu. Kajian ini dilakukan untuk menganalisis dan mengevaluasi secara terstruktur publikasi ilmiah terdahulu berkaitan dengan fenomena relevan yang dapat direplikasi. Fokus kajian diarahkan oleh pertanyaan penelitian dan perumusannya diadaptasi dari SLR milik Permana et al., (2024) tentang tren penelitian. Kemudian dikembangkan berdasarkan tujuan penelitian, sehingga menghasilkan beberapa pertanyaan turunan. Pertanyaan penelitian berperan penting dalam menetapkan batas kajian serta memperjelas fokus penelitian. Peneliti mengajukan 5 pertanyaan penelitian yaitu: (1) "Bagaimana tren dan fokus utama publikasi mengenai tema 'STEM Learning' pada jurnal-jurnal yang terindeks Scopus dalam 3 tahun terakhir?"; (2) "Bagaimana hasil analisis bibliometrik menggambarkan distribusi penelitian pada jenjang pendidikan dasar dan menengah?"; (3) "Apa karakter utama penelitian yang penting direview dari analisis bibliometrik tersebut?"; (4) "Bagaimana implikasi penerapan STEM learning terhadap praktik pendidikan sains di jenjang pendidikan dasar dan menengah?"; dan (5) "Apa dampak implementasi STEM learning terhadap praktek pendidikan sains & kompetensi peserta didik?"

### Strategi Pencarian

Pada penelitian ini, istilah "STEM Learning" digunakan sebagai keyword utama dalam proses pencarian data pada database Scopus. Pencarian data ini mengadaptasi strategi yang digunakan Permana et al., (2024) dalam penelitiannya. Adapun riwayat pencarian Scopus pada kajian SLR ini adalah sebagai berikut: "KEY (stem AND learning) and pubyear > 2022 and pubyear < 2026 and (limit-to (subjarea, "soci")) and (limit-to (doctype, "ar")) and (limit-to (exactkeyword, "stem learning")) or limit-to (exactkeyword, "student") or limit-to (exactkeyword, "science education") or limit-to (exactkeyword, "science learning")) and (limit-to (language, "english"

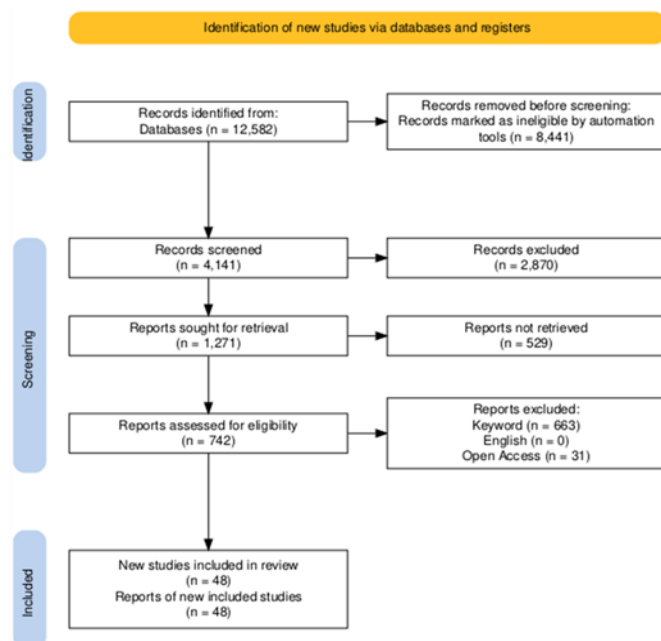
)) and ( limit-to ( oa , "all" ) ) ". Melalui penerapan keyword dan pola pencarian tersebut, akan diperoleh artikel yang relevan.

**Kriteria Inklusi dan Eksklusi**

Pertimbangan kriteria didasarkan pada pokok tujuan dan pertanyaan penelitian. Adapun kriteria inklusi yang diterapkan peneliti pada kajian SLR ini meliputi: (1) artikel yang diterbitkan pada rentan tahun 2023 hingga 2025; (2) bidang subjek (subject area) "Social Science"; (3) bertipe dokumen artikel ilmiah; (4) terkait dengan keyword \*Stem Learning, \*Student, \*Science Education, \*Science Learning; (5) artikel yang diterbitkan dalam bahasa Inggris; dan (6) hanya termasuk artikel dengan akses terbuka (open access) yang terkait penelitian "STEM Learning". Proses seleksi artikel mengacu pada kriteria inklusi dan eksklusi yang diadaptasi dari penelitian Permana et al., (2024). Proses seleksi dapat divisualisasikan dalam diagram alur pada Gambar 1. Diagram alur yang digunakan yaitu model PRISMA 2020 yang dihasilkan di situs web Shiny yang dikembangkan oleh Haddaway et al., (2022). Diagram alur PRISMA dimanfaatkan untuk menggambarkan proses tinjauan sistematis, mencakup tahapan penelusuran basis data, dan penyaringan artikel dengan kriteria yang peneliti tetapkan.

**Proses Seleksi Artikel**

Berdasarkan Gambar 1, pada tahap identifikasi digunakan kata kunci "STEM Learning" dalam pencarian pada database Scopus yang menghasilkan 12.581 dokumen. Selanjutnya penerapan kriteria inklusi tahun publikasi 2023-2025 menghasilkan 4.141 dokumen (8.441 dokumen dikecualikan).



**Gambar 1.** Diagram PRISMA *Systematic Literature Review* (Haddaway, 2022).

Pada tahap penyaringan (screening), kriteria bidang kajian "Social Science" diterapkan, menyisakan 1.271 dokumen dan mengecualikan 2.870 dokumen lainnya. Kemudian dokumen dibatasi pada tipe article, sehingga jumlahnya berkurang menjadi 742 artikel (529 dokumen lain dikeluarkan). Kriteria tambahan berupa kesesuaian dengan beberapa kata kunci yaitu Stem Learning; Student; Science Education; dan Science Learning, menghasilkan 79 artikel (mengecualikan 663 artikel). Kemudian diterapkan kriteria artikel yang dipublikasi dalam bahasa Inggris, diperoleh jumlah yang sama. Pada penyaringan terakhir, digunakan kriteria artikel yang open access, 48 artikel memenuhi kriteria (31 artikel dikecualikan).

**Teknik Analisis**

Hasil pencarian kemudian diekspor dalam format CSV dan RIS, selanjutnya disinkronkan ke dalam Mendeley untuk pengelolaan sitasi. Kemudian dilakukan analisis deskriptif, di mana data yang telah terkumpul divisualisasikan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel dan VOSviewer (co-occurrence) guna menyajikan informasi secara lebih komunikatif, menarik, dan mudah dipahami. Pada proses analisis tematik, dilakukan kategorisasi manual dengan peninjauan abstrak dan teks penuh dari 48 artikel untuk memastikan kesesuaian artikel dengan topik, dan tujuan yang sedang dikaji. Artikel akan dikategorikan berdasarkan penulis, judul artikel, tahun, judul jurnal, metode, jenjang pendidikan, fokus STEM dan dampak utama. Kemudian hasil analisis akan disintesis guna mengidentifikasi pola, kesamaan, implikasi dan dampak STEM learning dalam pendidikan sains.

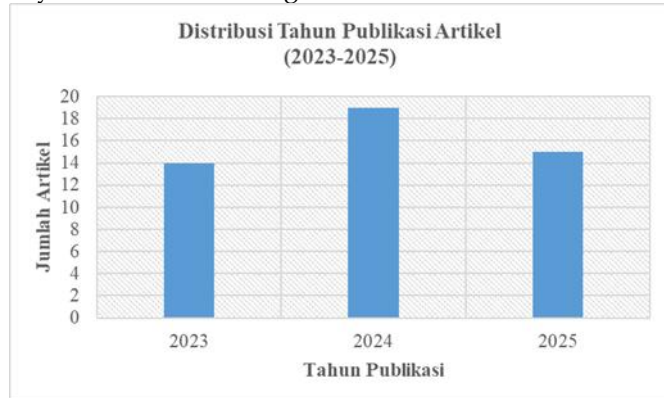
**Hasil dan Diskusi**

**Tren & Fokus Utama Publikasi**

Dari database Scopus, tren publikasi pada topik penelitian STEM learning menunjukkan fluktuasi dalam 3 tahun terakhir (2023-2025). Seperti yang ditampilkan pada Gambar 2, jumlah dokumen yang diterbitkan mengalami peningkatan dari 14 artikel pada tahun 2023 menjadi 19 artikel pada tahun 2024, kemudian publikasi menurun kembali menjadi 15 artikel pada tahun 2025. Namun perlu diketahui bahwa masih ada peluang peningkatan penelitian dan publikasi artikel terkait STEM learning, mengingat pencarian data ini dilakukan pada awal bulan Oktober 2025. Sehingga besar peluang jumlah artikel pada topik STEM learning yang dipublikasi dan tercatat dalam database Scopus pada bulan November sampai Desember 2025 akan meningkat.

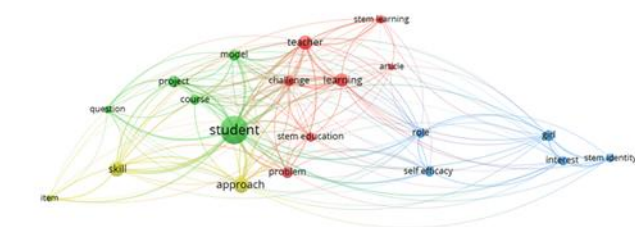
Hasil analisis co-occurrence menggunakan VOSviewer pada Gambar 3 menunjukkan bahwa istilah

“Student” menempati posisi sentral dalam jaringan keyword STEM learning.



Gambar 2. Distribusi tahun publikasi artikel

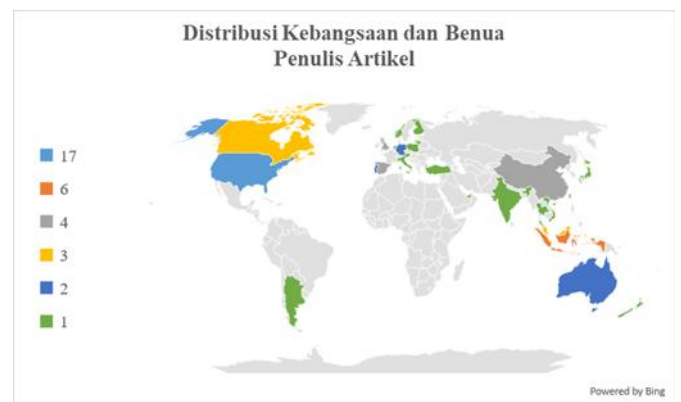
Hal ini menandakan fokus penelitian terkini yang berorientasi pada peran dan pengembangan kompetensi peserta didik dalam pembelajaran berbasis STEM. Empat klaster utama teridentifikasi: (1) klaster hijau berfokus pada pendekatan pembelajaran dan pengembangan keterampilan, dengan kata kunci seperti project, model, approach, dan skill, yang mencerminkan tren penerapan model berbasis proyek dan pendekatan kontekstual untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan keterampilan abad ke-21; (2) klaster merah menyoroti peran guru dan tantangan implementasi STEM, dengan kata kunci teacher, learning, challenge, problem, dan STEM education, yang menegaskan pentingnya kompetensi pedagogis guru dalam merancang pembelajaran integratif di tengah keterbatasan sumber daya dan pemahaman konsep lintas disiplin; (3) klaster biru menggambarkan aspek afektif dan kesetaraan gender, melalui kata self-efficacy, interest, dan girl, menunjukkan meningkatnya perhatian terhadap motivasi, kepercayaan diri, dan partisipasi perempuan dalam bidang STEM; serta (4) klaster kuning menekankan pendekatan inovatif dan asesmen keterampilan autentik, dengan kata kunci approach, skill, dan item, yang menunjukkan perhatian terhadap penilaian autentik dan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik.



Gambar 3 Hasil analisis co-occurrence (VOSviewer, 2025).

Jadi secara keseluruhan pola ini menunjukkan bahwa arah penelitian STEM learning berfokus pada pemberdayaan peserta didik, peran strategis guru, serta penerapan strategi pembelajaran inovatif dan inklusif untuk mendukung pendidikan sains yang relevan dengan tuntutan abad ke-21.

Berdasarkan analisis Scopus yang divisualisasikan dengan Microsoft Excel, Gambar 4 memperlihatkan sebaran global publikasi dengan topik STEM learning. Hasil analisis dari 48 artikel terpilih menunjukkan bahwa Amerika Serikat menjadi kontributor terbesar dengan 17 artikel, diikuti oleh Indonesia (6 artikel), China, Spanyol, dan Inggris (masing-masing 4 publikasi). Secara keseluruhan, terdapat 29 negara yang berkontribusi terhadap penelitian di bidang ini.



Gambar 4. Distribusi kebangsaan dan benua penulis artikel

Berdasarkan Gambar 4, jika ditinjau dari persebaran geografis, benua Asia menunjukkan dominasi dengan jumlah negara dan kontribusi publikasi terbanyak terutama dari Indonesia, China, Malaysia, dan Thailand. Hal ini mengindikasikan meningkatnya minat dan kapasitas riset STEM learning di kawasan Asia, khususnya dalam konteks pendidikan dasar dan menengah.

Pada sisi lain, Amerika Serikat dan Eropa tetap memegang peran penting sebagai pusat pengembangan teori dan praktik STEM learning, sedangkan Oseania dan Amerika Selatan memberikan kontribusi dalam skala lebih terbatas. Secara umum, hasil ini menggambarkan bahwa topik STEM learning telah berkembang menjadi isu riset global lintas benua, dengan potensi kolaborasi yang semakin luas dalam mengembangkan model STEM learning yang adaptif terhadap kebutuhan pendidikan di berbagai konteks budaya dan geografis.

### Analisis Bibliometrik

Berdasarkan hasil analisis tematik, dengan peninjauan abstrak dan teks penuh 48 artikel untuk memastikan kesesuaian artikel dengan topik dan tujuan

yang sedang dikaji. Diperoleh 15 artikel yang sesuai dengan kriteria (penelitian STEM learning pada jenjang pendidikan dasar dan menengah) untuk selanjutnya dilakukan analisis bibliometrik sederhana. Artikel dikategorikan berdasarkan penulis, judul artikel, tahun,

judul jurnal, metode, jenjang pendidikan, fokus STEM dan dampak utama. Hasil analisis disintesis guna mengidentifikasi pola, kesamaan, implikasi dan dampak STEM learning dalam pendidikan sains.

**Tabel 1.** Analisis Bibliometrik berdasarkan 15 Artikel Terbaik terkait Penulis, Judul Artikel, Tahun, Judul Jurnal, Metode, Jenjang, Fokus STEM, dan Dampak Utama dalam STEM

Penulis	Judul Artikel	Tahun	Judul Jurnal	Metode	Jenjang	Fokus STEM	Dampak Utama
Diego Casado Mansilla, Javier García Zubia, et al.	Remote experiments for STEM education and engagement in rural schools: The case of project R3	2023	Technology in Society	kuantitatif-deskriptif dan komparatif	SD SMP SMA	Remote Experimentation dalam STEM	Memungkinkan akses yang lebih baik terhadap eksperimen sains di sekolah-sekolah pedesaan.
Sarwi, Putut Marwotol, et al.	Science learning STEM-R approach: A study of students' reflective and critical thinking	2024	Journal of Education and Learning (EduLearn)	Mixed-methods sequential exploratory	SMP	Integrasi STEM dengan nilai keagamaan → pendekatan STEM-R (Science, Technology, Engineering, Mathematic, and Religion)	Meningkatkan kemampuan berpikir reflektif dan kritis; mengaitkan sains dengan nilai Islam meningkatkan motivasi dan makna belajar peserta didik di pesantren
Salih Uzun, and Nihat Şen	The Effects of a STEM-Based Intervention on Middle School Students' Science Achievement and Learning Motivation	2023	Journal of Pedagogical Research	Kuantitatif quasi-experimental design	SMP	STEM dalam Pendidikan Sains	Meningkatkan pencapaian akademik peserta didik dalam sains.
Noora Jabor Al-Thani, Malavika E. Santhosh, et al.	The Prominent Roles of Undergraduate Mentors in an Online Near-Peer Mentoring Model	2023	Sustainability	Mixed-method triangulation	SMP, SMA	Model <i>online near-peer mentoring</i> berbasis STEM (pendekatan daring asinkron & sinkron)	Meningkatkan motivasi, keterlibatan, dan kemandirian belajar peserta didik; memperkuat hubungan sosial dan kognitif antar jenjang; efektif untuk STEM <i>learning</i> secara daring.
A. Permanasari, B. Rubini, I. D. Pursitasari, et al.	Fun Classroom: How Seven Graders and Science Teachers Respond to STEM Learning as the First Experience in Suburban Area?	2024	Jurnal Pendidikan IPA Indonesia	campuran (mixed methods).	SMP	Implementasi awal STEM <i>learning</i> di sekolah pinggiran (tema: panas dan energi)	Meningkatkan keaktifan, kolaborasi, dan literasi STEM peserta didik; menunjukkan potensi implementasi STEM dalam konteks <i>Merdeka Belajar</i> meski dengan keterbatasan fasilitas.
Marc T. Sager, Saki Milton & Candace Walkington	"Girls leading the conversation: harnessing the potential of podcasting for informal and project-based learning"	2025	Discover Education	Single case study	SMP	Pembelajaran Berbasis Proyek dalam STEM	Memberdayakan peserta didik minoritas untuk terlibat dalam pendidikan STEM.

Le Chi Nguyễn, Ho Quang Hoa, Le Hoang Phuoc Hien	Integrating design thinking into STEM education: Enhancing problem-solving skills of high school students	2025	Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education	eksperimen	SMA	Integrasi <i>Design Thinking</i> pembelajaran STEM (Empathy-Define-Ideate-Prototype-Test)	Meningkatkan keterampilan pemecahan masalah, berpikir kritis, dan kreativitas; menunjukkan relevansi model <i>design thinking</i> integratif untuk STEM learning.
Kaiyuan Chen, Sharon Lyn Chu, et al.	Integrating Making with Authentic Science Classes: An Approach and Evidence	2024	Journal of Science Education and Technology	Longitudinal quasi-eksperimental design	SD	Integrasi PBL dan Podcasting	Meningkatkan keterampilan kolaborasi dan komunikasi peserta didik.
Atmojo, S. E., Anggriani, M. D., et al.	Bridging STEM and Culture: The Role of Ethnoscience in Developing Critical Thinking and Cultural Literacy.	2025	Jurnal Pendidikan IPA Indonesia	Kuantitatif, desain <i>quasi-experimental nonequivalent control group design</i> .	SD	Integrasi STEM dan Ethnoscience	Mengembangkan kesadaran budaya dan berpikir kritis di kalangan peserta didik melalui pembelajaran kontekstual.
Kim, M., Markle, J., Jin, Q., & Akdemir, K	Children's Visualization and Collaboration in a STEM Makerspace: Opportunities for Fostering Sustainability Awareness	2025	Sustainability	Kualitatif deskriptif (studi eksploratif).	SD	Visualisasi dan Kolaborasi dalam STEM	Meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran tentang isu keberlanjutan melalui model 3D.
Apedoe, X., Fu, M., Nielsen, K., Smith, R., & Allen, J	Co-Learning: A Hybrid Model for Integrated STEM Teacher Professional Learning and Student Out-of-School Learning	2025	Education Sciences	Kualitatif studi kasus	SMA	Co-learning dalam STEM	Memperkuat model STEM learning terintegrasi yang melibatkan guru dan peserta didik.
Cannady, M. A., Collins, M. A., et al.	Computational Thinking for Science Positions Youth to Be Better Science Learners.	2025	Education Sciences	Kuantitatif	SMP	Computational Thinking untuk Sains	Memperlihatkan bahwa pemikiran komputasional berperan sebagai prediktor yang konsisten dalam pendidikan sains.
Muñoz-Losa & Marcos-Merino	Emotions and self-efficacy toward simple machines learning through a STEM practice (Frontiers in Education).	2024	Frontiers in education	Studi kuantitatif pre-post Kuasi-eksperimental	SD	STEM learning terintegrasi dengan etnosains	Meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan literasi budaya peserta didik.

S. Wahyuni, B. Ilham, & Nureeyawaji	Evaluating Stem-Based Reform Teaching Observation Protocol To Enhance Students' Communication Skills In The Context Of Sustainable Development Goals In Science Learning	2024	Jurnal Pendidikan IPA Indonesia	Kuantitatif instrument development	SMP	STEM-R (STEM dan Agama)	Meningkatkan keterampilan komunikasi ilmiah peserta didik dalam konteks pendidikan Islam.
Meryl Batchelder, Mark Swinney, et al.	Experiences from a School-University Partnership Climate and Sustainability Education Project in England: The Value of Citizen Science and Practical STEM	2023	Sustainability	Kualitatif kasus tunggal (case study)	SD SMP	Integrasi STEM pada proyek keberlanjutan dan iklim (climate & sustainability education, citizen science, SuDS)	Meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap perubahan iklim dan solusi keberlanjutan; meningkatkan keterampilan inkuiri, kolaborasi, dan kesadaran karir STEM.

Approaches

### Karakter Artikel yang Direview Distribusi Tahun Publikasi

Berdasarkan hasil bibliografi dan grafik publikasi Scopus, tren penelitian menunjukkan bahwa terlihat adanya peningkatan signifikan dari tahun 2023, sampai pada tahun 2025. Hasil tersebut dapat dirincikan tahun 2023 terdapat 4 artikel, tahun 2024 meningkat menjadi 5 artikel, serta tahun 2025 tercatat 6 artikel. Namun, perlu dicatat bahwa periode publikasi tahun 2025 belum berakhir dan masih menyisakan sekitar tiga bulan lagi. Artinya, jumlah publikasi 2025 berpotensi terus bertambah, sehingga tren aktual kemungkinan akan menunjukkan peningkatan lebih lanjut hingga akhir tahun. Kecenderungan ini menggambarkan bahwa minat peneliti terhadap topik STEM education masih tinggi dan terus berkembang secara global, terutama dengan semakin luasnya integrasi teknologi dan nilai-nilai kontekstual dalam pembelajaran. Hasil ini didukung oleh penelitian Nguy en, et al. (2025) yang mengungkapkan, terdapat lonjakan signifikan jumlah publikasi lima tahun belakangan. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa minat peneliti terhadap pendidikan STEM terus berkembang secara konsisten, sejalan dengan meningkatnya perhatian global terhadap pengembangan kompetensi abad ke-21 melalui pendekatan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika. Hal ini menegaskan bahwa pendidikan STEM merupakan bidang penelitian yang semakin strategis dan mendapat perhatian luas di berbagai konteks pendidikan, termasuk di jenjang dasar hingga pendidikan tinggi.

### Jenjang Pendidikan

Distribusi berdasarkan jenjang pendidikan menunjukkan bahwa Dominasi jenjang SMP menunjukkan fase pendidikan menengah pertama

menjadi titik krusial dalam membangun minat terhadap sains dan teknologi, serta mengembangkan keterampilan berpikir ilmiah. Hal ini dapat dirincikan pada jenjang SMP terdapat 7 artikel, SD 4 artikel, SMA: 4 artikel sedangkan lintas jenjang (SD-SMA) terdapat 2 artikel. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Dönmez & İdin (2020), jenjang pendidikan menengah pertama merupakan fase yang sangat strategis dalam membangun minat serta orientasi karier peserta didik di bidang STEM. Pada tahap ini, faktor-faktor seperti efikasi diri, dukungan kontekstual, dan tujuan pribadi memiliki pengaruh signifikan terhadap kecenderungan peserta didik untuk menekuni bidang sains dan teknologi di masa depan.

### Metode Penelitian

Mayoritas penelitian bersifat kuantitatif, menandakan fokus utama pada pengukuran efektivitas penerapan STEM. Namun, peningkatan studi mixed-methods menunjukkan adanya upaya memahami aspek proses dan pengalaman belajar secara lebih mendalam. Hal ini dapat dirincikan; metode Kuantitatif (eksperimen & quasi-eksperimen) ada 8 penelitian, Kualitatif (deskriptif dan studi kasus) ada 4 penelitian, serta Mixed-methods terdapat 3 penelitian. Pendapat yang mendukung hal tersebut adalah dikemukakan oleh Thibaut et al., (2018) yang menyatakan bahwa penelitian dalam bidang pendidikan STEM masih didominasi oleh pendekatan kuantitatif, khususnya dalam upaya mengukur efektivitas penerapan pembelajaran terintegrasi STEM di berbagai jenjang pendidikan. Hal ini menunjukkan bahwa fokus utama riset STEM selama ini berorientasi pada hasil dan pencapaian belajar peserta didik yang dapat diukur secara objektif. English (2016) menegaskan bahwa seiring perkembangan pendekatan pendidikan STEM, mulai muncul

kebutuhan untuk memahami proses dan pengalaman belajar peserta didik secara lebih mendalam, bukan hanya hasil akhir pembelajaran. Oleh karena itu, muncul peningkatan penggunaan pendekatan campuran (*mixed-methods*) yang mensinergikan temuan empiris (*data kuantitatif*) dan interpretatif (*data kualitatif*) sehingga memperoleh gambaran komprehensif terkait bagaimana STEM learning berjalan di lapangan.

### **Implikasi STEM terhadap Pembelajaran**

Beberapa fokus besar yang ditemukan yaitu Integrasi nilai dan budaya yaitu pendekatan STEM-R (*Religion*) dan *ethnoscience*. Pendekatan STEM-R mengintegrasikan nilai-nilai agama dalam STEM learning, sehingga memberikan konteks yang lebih bermakna bagi peserta didik. Sedangkan *Etnosains* berperan dalam memahami sains dan menjelaskan setiap fenomena sains dengan cara yang jauh lebih operasional dan bermakna. *Etnosains* membantu peserta didik untuk memahami konsep-konsep sains dalam kehidupan nyata dan mengembangkan rasa ingin tahu mereka karena melalui hal ini, peserta didik dapat mewujudkan konsep tersebut dalam kehidupan sehari-hari (Eisha, 2020). Pendekatan seperti STEM-R dan *ethnoscience* menjadikan pembelajaran lebih bermakna dan berakar pada identitas budaya peserta didik. Dampaknya membentuk peserta didik yang tidak hanya kompeten secara akademik tetapi juga memiliki kesadaran budaya, spiritualitas, dan tanggung jawab sosial. Hal ini didukung oleh Gay (2018) bahwa pembelajaran yang responsif terhadap budaya membantu peserta didik mengembangkan kesadaran budaya, spiritualitas, dan tanggung jawab sosial, selain kompetensi akademik.

Inovasi pembelajaran seperti *Design Thinking*, *Project-Based Learning*, dan *Makerspace*, serta digitalisasi pembelajaran seperti *Remote experiment* dan *online mentoring berbasis STEM*, serta *Kompetensi abad ke-21* seperti pengembangan berpikir kritis, komunikasi ilmiah, kolaborasi, serta kreativitas. Hal ini menegaskan bahwa arah riset STEM saat ini bergerak ke arah pembelajaran yang lebih interdisipliner, kontekstual, dan humanistik. Hal ini didukung oleh English (2016) bahwa STEM learning yang interdisipliner, kontekstual, dan humanistik menekankan integrasi berbagai disiplin ilmu, relevansi dengan dunia nyata, dan pengembangan keterampilan sosial-emosional peserta didik. Beberapa pengembangan model dan desain STEM learning yang kreatif, kolaboratif, dan kontekstual yang ditemukan dalam artikel-artikel tersebut adalah :

### **Project-Based Learning (PjBL)**

Model ini paling sering digunakan karena menekankan pembelajaran berbasis proyek nyata.

Peserta didik bekerja secara kolaboratif untuk menyelesaikan permasalahan relevan dengan kehidupan sehari-hari. Dampak yang dilaporkan meliputi peningkatan kemampuan berpikir kritis, komunikasi, dan keterampilan kolaborasi. Contoh: penelitian Sager et al. (2025) menunjukkan bahwa proyek berbasis media podcast dapat memberdayakan peserta didik minoritas untuk berpartisipasi aktif dalam STEM. Hal ini sejalan dengan pendapat Baran et al., (2021) menunjukkan PjBL-STEM meningkatkan keterampilan abad ke-21 peserta didik (*problem solving*, kolaborasi, kreativitas). Sejalan dengan itu, Hasanah et al., (2023) menyatakan penerapan PjBL dapat meningkatkan keterampilan komunikasi peserta didik serta hasil belajar dalam mata pelajaran sains. Selain itu, Zhang & Ma (2023) PjBL secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir dan hasil belajar peserta didik dibandingkan metode pengajaran tradisional.

### **Desain Thinking**

Pendekatan *Design Thinking* menggabungkan empati, kreativitas, dan inovasi dengan tahapan *Empathize-Define-Ideate-Prototype-Test*. Fokus penelitian terletak pada peningkatan kemampuan *problem-solving*, *critical thinking*, dan *creativity*. Contoh: penelitian Nguyễn et al. (2025) menunjukkan bahwa integrasi *Design Thinking* dalam STEM mampu menumbuhkan kemampuan berpikir divergen dan solusi inovatif. Sejalan dengan itu, Pahlefy, et al., (2024) menyatakan bahwa tahapan *Design Thinking (Empathize-Define-Ideate-Prototype-Test)* efektif meningkatkan kreativitas dan berpikir kritis dalam konteks pendidikan di Indonesia. Selain itu, hasil penelitian oleh Anggraini, et al., (2025) penerapan *Design Thinking* dalam STEM learning di Indonesia untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

### **STEM-R (STEM dengan Religion)**

Integrasi STEM dengan nilai-nilai agama atau spiritualitas, khususnya dalam konteks Indonesia, bertujuan menghubungkan konsep sains dan teknologi dengan nilai moral dan makna belajar. Dampaknya adalah peningkatan kemampuan reflektif, kritis, serta motivasi belajar peserta didik. Contoh: Sarwi et al. (2024) menunjukkan bahwa pendekatan STEM-R efektif meningkatkan pemahaman ilmiah sekaligus karakter religius peserta didik. Hal ini sejalan dengan pendapat Anas & Iswantir, (2024) bahwa Integrasi STEM dengan nilai-nilai agama dirancang untuk menyelaraskan konsep sains dan teknologi dengan nilai moral sehingga pembelajaran tidak hanya menekankan kompetensi kognitif tetapi juga pembentukan karakter dan makna belajar bagi peserta didik. Selain itu, menurut Muslihin et al., (2025) Program pelatihan integrasi Pendidikan

Islam dan STEM pada tingkat sekolah menunjukkan bahwa kegiatan pembelajaran yang mengaitkan aspek religius dengan proyek STEM mampu meningkatkan motivasi belajar dan keterlibatan peserta didik secara aktif. Sejalan dengan itu Rahmaniari (2024) mengemukakan bahwa banyak pendidik di Indonesia menyetujui pentingnya integrasi nilai-nilai agama dalam pembelajaran IPA/STEM untuk menumbuhkan karakter, kemampuan berpikir kritis, dan motivasi belajar peserta didik.

### **Ethnoscience-based STEM**

Model ini menggabungkan sains modern dengan pengetahuan lokal dan budaya masyarakat. Pendekatan ini menekankan contextual learning agar peserta didik melihat hubungan antara budaya dan sains. Dampak utama: memperkuat literasi budaya, kesadaran ekologis, dan berpikir kritis. Contoh: Atmojo et al. (2025) meneliti peran ethnosains dalam pengembangan kesadaran budaya dan berpikir kritis melalui pembelajaran kontekstual. Hal ini didukung oleh Gay (2018) bahwa pembelajaran yang responsif terhadap budaya membantu peserta didik mengembangkan kesadaran budaya, spiritualitas, dan tanggung jawab sosial, selain kompetensi akademik. Hal ini juga sejalan dengan pendapat Mulyani & Julianto (2022) bahwa pendidikan sains berbasis budaya lokal (atau integrasi sains dengan budaya) mampu menguatkan budaya dan menumbuhkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik. Hal ini sesuai juga pendapat Putra & Wahyuni (2024) bahwa integrasi sains modern dengan pengetahuan lokal (kearifan lokal) memberikan dampak positif pada literasi sains, relevansi pembelajaran terhadap budaya, dan kesadaran lingkungan.

### **Remote Experiment dan Digital STEM Learning**

Model pembelajaran berbasis teknologi jarak jauh (remote labs) dan mentoring daring. Tujuannya memberikan akses STEM learning kepada peserta didik di daerah terpencil serta menumbuhkan kemandirian belajar digital. Contoh: Casado-Mansilla et al. (2023) dan Al-Thani et al. (2023) menunjukkan bahwa pendekatan ini meningkatkan motivasi, self-efficacy, dan engagement peserta didik melalui pembelajaran daring sinkron dan asinkron. Hal ini sejalan dengan penelitian Asrizal, et al. (2024) bahwa kegiatan e-learning praktikum dengan desain yang memungkinkan peserta didik dari lokasi terpencil mengontrol dan mengamati percobaan secara real-time, sehingga mengatasi keterbatasan sarana/praktikum lokal. Hal ini juga sesuai dengan penelitian Suryandari (2022) strategi efektif untuk meningkatkan kapasitas pengajaran digital sehingga STEM learning daring dan praktikum virtual dapat diimplementasikan di sekolah-sekolah daerah terpencil.

### **Co-learning dan Makerspace**

Model co-learning melibatkan kolaborasi antara guru dan peserta didik dalam STEM learning terintegrasi. Makerspace digunakan sebagai ruang eksploratif di mana peserta didik membuat atau mendesain sesuatu yang berkaitan dengan isu keberlanjutan. Dampaknya: peningkatan kolaborasi, kreativitas, dan kesadaran lingkungan. Contoh: Apedoe et al. (2025) menekankan pentingnya pembelajaran kolaboratif, sedangkan Kim et al. (2025) meneliti penggunaan makerspace untuk kesadaran keberlanjutan. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Yusuf (2023) yang menyatakan bahwa "Implementasi makerspace sebagai pusat kreativitas dan inovasi di sekolah memungkinkan peserta didik untuk secara aktif membuat atau mendesain sesuatu berkaitan isu keberlanjutan, sehingga memperkuat kolaborasi, kreativitas, dan kesadaran lingkungan. Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian Fathurohman et al., (2023) menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM yang terintegrasi dengan pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan (ESD) memungkinkan peserta didik mengembangkan pemahaman mendalam tentang keterkaitan antara disiplin sains-teknologi dengan isu lingkungan, serta meningkatkan sustainability consciousness atau kesadaran keberlanjutan peserta didik secara signifikan.

Sejumlah penelitian menyoroti peran guru dalam merancang, memfasilitasi, dan mengevaluasi STEM learning. Guru dipandang bukan sekadar penyampai materi, tetapi sebagai fasilitator inovasi dan agen perubahan pendidikan. Contoh: Permanasari et al. (2024) menemukan bahwa penerapan STEM di sekolah pinggiran dapat berhasil jika guru mendapat pelatihan dan dukungan dalam adaptasi kurikulum. Tantangan utama: keterbatasan sumber daya, kesiapan pedagogis, dan pengetahuan lintas disiplin. Sejalan dengan itu, menurut Panggabean et al., (2024) Menjelaskan bahwa peran guru telah bergeser dari sumber utama pengetahuan menjadi fasilitator pembelajaran, mendukung keterampilan abad 21 seperti berpikir kritis dan kreativitas. Selain itu, penelitian oleh (Siregar et al., 2024) menunjukkan bahwa guru dalam STEM learning dituntut untuk mengintegrasikan disiplin ilmu dan lebih dari sekadar mentransfer pengetahuan namun mencerminkan peran fasilitator.

### **Dampak Implementasi STEM terhadap Praktik Pendidikan Sains**

STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) merupakan kumpulan dari beberapa disiplin ilmu yang saling berintegrasi agar dapat memperkuat dan mendukung, serta mendorong pendekatan pembelajaran yang menyeluruh dalam pemecahan masalah faktual dan inovasi dalam

pembelajaran (Burrows, et al. 2018). Mata pelajaran dalam pendekatan STEM merupakan mata pelajaran yang terpadu atau tidak terpisahkan dalam proses belajar dan mengajar (Park, et al. 2020). Selain itu, implementasi STEM juga terbukti meningkatkan keterlibatan dan motivasi peserta didik dalam pendidikan sains. Høgheim & Reber (2015) menemukan bahwa pembelajaran berbasis model dalam STEM dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan peserta didik dalam sains. Pendekatan STEM yang berfokus pada proyek dan masalah dunia nyata membuat pembelajaran lebih relevan dan menarik bagi peserta didik. Peserta didik lebih termotivasi untuk belajar ketika mereka melihat bagaimana konsep-konsep ilmiah dapat diterapkan untuk memecahkan masalah yang mereka hadapi sehari-hari. Hal ini juga mendorong kemandirian belajar, karena peserta didik didorong untuk mencari solusi sendiri dan bekerja secara kolaboratif dengan teman-teman mereka. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan STEM yang relevan dengan masalah dunia nyata membuat pembelajaran lebih bermakna bagi peserta didik (English, 2016).

Berdasarkan seluruh artikel yang dianalisis, implementasi STEM learning diarahkan untuk menumbuhkan 4C Skills dan kompetensi tambahan abad ke-21 seperti berpikir kritis. Hal ini didukung oleh Kivunja, (2015) yang menjelaskan bahwa pembelajaran yang efektif harus menumbuhkan keterampilan berpikir tingkat tinggi seperti analisis, evaluasi, dan kreasi, yang relevan dengan 4C skills (Critical Thinking, Creativity, Collaboration, Communication). Peserta didik dilatih mengidentifikasi masalah, menganalisis data, dan mengembangkan solusi ilmiah melalui PjBL dan Design Thinking. Selain itu, Design Thinking dan Makerspace juga mendorong inovasi dan ide-ide baru dalam pemecahan masalah nyata sehingga mampu melahirkan kreativitas peserta didik. Berbagai jenis makerspace menunjukkan bukti empiris dalam mendorong kreativitas (Soomoro, et al., 2023), sedangkan design thinking dalam menghasilkan ide dan produk kreatif untuk memecahkan masalah (Syaflita, et al., 2024).

Model STEM menekankan kerja tim di kelas maupun daring, misalnya dalam Co-learning dan PjBL sehingga dapat menanamkan pentingnya kolaborasi antar peserta didik. Mereka juga berlatih mengomunikasikan hasil proyek melalui presentasi, podcast, dan diskusi kelompok. Hal ini didukung oleh pendapat Lin, et al., (2025) bahwa manfaat pembelajaran kolaboratif dalam STEM Learning tidak hanya merujuk pada prestasi akademik, tetapi juga membekali peserta didik dengan keterampilan lunak yang diperlukan untuk kesuksesan karier, seperti komunikasi, pemecahan masalah, dan kerja sama tim. Penggunaan teknologi digital, remote experiment, dan online mentoring dapat meningkatkan kemampuan literasi

digital peserta didik. Literasi digital memberdayakan peserta didik untuk memanfaatkan teknologi secara efektif untuk pembelajaran dan interaksi sosial, sehingga meningkatkan kepercayaan diri mereka (Sariyatun, et al., 2025).

Implementasi STEM memberikan akses yang lebih baik terhadap eksperimen sains di sekolah-sekolah pedesaan, yang memungkinkan peserta didik untuk terlibat langsung dalam kegiatan praktis (Cassado-Mansilla et al., 2023). Namun, STEM learning belum diterapkan secara holistik. Banyak penelitian saat ini berfokus pada pendidikan STEM, atau pendidikan pedesaan, tetapi tidak keduanya. Konteks dan pendekatan spesifik yang perlu diterapkan untuk keberhasilan STEM learning di pedesaan masih minim dieksplorasi, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut terkait permasalahan tersebut agar pembelajaran di wilayah pedesaan memiliki kesempatan untuk berkontribusi pada perubahan ekonomi internasional (Harris & Boddges, 2018).

### **Dampak Implementasi STEM terhadap Kompetensi Peserta Didik**

Hampir seluruh penelitian melaporkan dampak positif penerapan STEM, mencakup peningkatan kemampuan berpikir kritis, reflektif, pemecahan masalah, penguatan kolaborasi, komunikasi ilmiah, dan empati sosial, serta nilai budaya dan spiritual. Beberapa penelitian mengaitkan motivasi, self-efficacy, minat, dan identitas STEM dengan keterlibatan peserta didik dalam pendidikan sains. Cannady et al., (2025) menemukan bahwa computational thinking berperan penting dalam pendidikan sains. Melalui integrasi ini, peserta didik tidak hanya memahami konsep ilmiah secara abstrak, tetapi juga mampu menerapkannya dalam penyelesaian masalah dunia nyata. Oleh karena itu, pendidikan STEM dipandang sebagai jembatan antara teori ilmiah dan praktik kehidupan, serta wadah pengembangan kemampuan berpikir kritis, logis, dan kreatif. Pendidikan STEM ini dapat melatih peserta didik dalam menghadapi masalah kompleks dan multidisiplin, membangun proses berpikir rasional dan kreatif yang bertujuan agar dapat memecahkan permasalahan yang dihadapi dalam kehidupan sosial (Nguyễn et al., 2025).

Pendekatan STEM memiliki fungsi untuk menyiapkan peserta didik dalam menghadapi tantangan abad 21 yaitu dalam mendukung perkembangan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan literasi sains peserta didik (Ilma, et al. 2023; Seage & Turegun, 2020). Pendekatan STEM yang telah menjadi perhatian dan mendukung perkembangan Pendidikan Sains akhir-akhir ini, dapat mengembangkan minat belajar peserta didik, pengembangan kompetensi pada pemecahan masalah faktual yang dihadapi mereka. Namun dalam

pendekatan STEM memiliki beberapa kendala seperti pengalaman belajar yang berfokus pada STEM ini memiliki tujuan yang sangat luas serta pengalaman belajar yang sangat bervariasi sehingga sulit didefinisikan (Hallstrom et al, 2019).

Bukan hanya itu, faktor wilayah atau letak geografis dalam konteks pendidikan juga menjadi salah satu tantangan dalam pendidikan sains Abad ke-21. Permanasari et al., (2024) mengemukakan bahwa tantangan pendidikan sains abad ke-21 sangatlah beragam. Peserta didik dihadapkan pada kebutuhan untuk tidak hanya memahami teori, tetapi juga mampu menerapkannya dalam situasi nyata. Permasalahan pendidikan STEM lebih banyak diperhatikan jika pada wilayah perkotaan sedangkan pada sekolah-sekolah di daerah terpencil masih belum diperhatikan. Hal ini perlu adanya perhatian besar bagi pemerintah untuk lebih memfokuskan perhatiannya pada pendidikan di daerah-daerah tersebut. Sehingga dapat terwujudnya pemerataan pendidikan pada umumnya dan pendidikan STEM pada khususnya. Maka dengan begitu diharapkan dapat terwujudnya keterampilan abad 21 seperti (Critical thinking, Creativity, Collaboration, Communication) serta literasi teknologi, yang semakin penting dalam dunia yang didorong oleh teknologi. Pada akhirnya, STEM learning bukan hanya tentang mempersiapkan peserta didik untuk karir masa depan melainkan tentang membekali mereka dengan perangkat yang mereka butuhkan untuk memecahkan tantangan global yang kompleks di masa depan (Lin et al., 2025).

## Kesimpulan

Berdasarkan analisis sistematis yang dilakukan terhadap publikasi mengenai tema STEM Learning dalam jurnal-jurnal yang terindeks Scopus selama tiga tahun terakhir, terdapat tren peningkatan yang signifikan dalam jumlah artikel yang diterbitkan. Fokus utama penelitian mengarah pada pemberdayaan peserta didik, peran strategis guru, serta inovasi dalam metode pembelajaran seperti Project-Based Learning dan Design Thinking. Hasil analisis bibliometrik menunjukkan bahwa jenjang pendidikan menengah pertama (SMP) menjadi titik krusial dalam pengembangan minat terhadap sains dan teknologi, dengan dominasi 7 artikel yang diterbitkan. Hal ini mencerminkan pentingnya fase pendidikan ini dalam membangun keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah bagi peserta didik.

Karakter utama penelitian yang teridentifikasi dari analisis bibliometrik mencakup pendekatan kuantitatif yang mendominasi, diiringi dengan peningkatan penelitian berbasis metode campuran (mixed-methods). Penelitian-penelitian ini berfokus pada pengukuran efektivitas STEM learning yang

diintegrasikan dengan nilai-nilai budaya dan konteks lokal, serta relevansi pembelajaran dengan kehidupan sehari-hari. Implikasi penerapan STEM learning menunjukkan bahwa integrasi nilai-nilai agama dan etnosains dalam pendidikan sains dapat memperkuat literasi budaya dan kesadaran ekologis peserta didik.

Dampak implementasi STEM learning terhadap praktik pendidikan sains dan kompetensi peserta didik sangat positif. Penelitian menunjukkan adanya peningkatan dalam kemampuan berpikir kritis, kolaborasi, dan komunikasi ilmiah di kalangan peserta didik. Pembelajaran berbasis STEM juga berkontribusi pada peningkatan motivasi dan self-efficacy peserta didik, serta kemampuan mereka untuk menerapkan konsep sains dalam konteks nyata. Secara keseluruhan, penerapan pendekatan STEM di pendidikan dasar dan menengah terbukti efektif dalam mengembangkan kompetensi abad ke-21 dan mempersiapkan peserta didik untuk menghadapi tantangan global yang kompleks.

Penerapan STEM learning perlu diupayakan secara merata pada berbagai konteks geografis, mencakup satuan pendidikan di wilayah urban maupun rural. Mengingat STEM learning signifikan berdampak positif bagi peserta didik, maka disarankan agar penerapannya dilakukan secara merata di seluruh wilayah Indonesia. Pemerataan ini penting agar seluruh peserta didik memperoleh kesempatan yang sama dalam mengembangkan keterampilan dan membekali diri menghadapi tantangan masa depan yang lebih kompleks.

## Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam pelaksanaan dan penyelesaian penelitian ini.

## Referensi

- Al-Thani, N. J. J., Santhosh, M. E., Bhadra, J., & Ahmad, Z. (2023). The Prominent Roles of Undergraduate Mentors in an Online Near-Peer Mentoring Model. *Sustainability (Switzerland)*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/su15043020>
- Anas, I., & Iswantir M. (2024). Integrasi Nilai-Nilai Islam dalam Kurikulum Berbasis STEM di Sekolah Islam Terpadu. <http://jurnal.iuqibogor.ac.id>
- 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. <https://doi.org/10.21831/jpms.v13i2.87690>

- Apedoe, X. S., Fu, M., Nielsen, K. M., Smith, R., & Allen, J. (2025). Co-Learning: A Hybrid Model for Integrated STEM Teacher Professional Learning and Student Out-of-School Learning. *Education Sciences*, 15(6). <https://doi.org/10.3390/educsci15060726>
- Asrizal, Khairat, R., & Yohandri. (2024). Remote Laboratory Based on the Internet of Things for E-Learning: A Development Model of Newton's Law Experiment. [www.joiv.org/index.php/joiv](http://www.joiv.org/index.php/joiv)
- Atmojo, S. E., Anggriani, M. D., Rahmawati, R. D., Skotnicka, M., Wardana, A. K., & Anindya, A. P. (2025). BRIDGING STEM AND CULTURE: THE ROLE OF ETHNOSCIENCE IN DEVELOPING CRITICAL THINKING AND CULTURAL LITERACY. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 14(2), 251-266. <https://doi.org/10.15294/jpii.v14i2.23505>
- Baran, M., Baran, M., Karakoyun, F., & Maskan, A. (2021). The Influence of Project-Based STEM (PjBL-STEM) Applications on the Development of 21st-Century Skills. *Journal of Turkish Science Education*, 18(4), 798-815. <https://doi.org/10.36681/tused.2021.104>
- Batchelder, M., Swinney, M., O'Hara, T., Goddard, A., Lewis, E., Cox, J., & Fowler, H. J. (2023). Experiences from a School-University Partnership Climate and Sustainability Education Project in England: The Value of Citizen Science and Practical STEM Approaches. *Sustainability (Switzerland)*, 15(12). <https://doi.org/10.3390/su15129401>
- Burrows, A., Lockwood, M., Borowczak, M., Janak, E., and Barber, B. (2018). Integrated STEM: Focus on Informal Education and Community Collaboration through Engineering. *Education Sciences*, 8 (4), 4-15 <https://doi.org/10.3390/educsci8010004>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
- Cahyanti, N.A., Suyanto, S., Ngade, W., Begimbetova, G.A., Uanayah, A., & Khilafah, A.R.N. (2024). A Systematic Review of STEM Education Implementation in Indonesian High Schools: Opportunities, Challenges, and Policy Recommendations. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 25(3), 1428-1443. DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/jpmipa/v25i3.pp1428-1443>
- Cannady, M. A., Collins, M. A., Hurt, T., Montgomery, R., Greenwald, E., & Dorph, R. (2025). Computational Thinking for Science Positions Youth to Be Better Science Learners. *Education Sciences*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/educsci15010105>
- Casado-Mansilla, D., Garcia-Zubia, J., Cuadros, J., Serrano, V., Fadda, D., & Canivell, V. (2023). Remote experiments for STEM education and engagement in rural schools: The case of project R3. *Technology in Society*, 75. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102404>
- Chen, K., Chu, S. L., Quek, F. K. H., & Schlegel, R. J. (2024). Integrating Making with Authentic Science Classes: An Approach and Evidence. *Journal of Science Education and Technology*, 33(4), 479-492. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10097-w>
- Eck, N.J.V & Waltman, L. (2023). *VOSviewer Manual*. Universitas Leiden: CWTS Meaningful Metrics
- Dönmez, İ., & İdin, Ş. (2020). Determination of the STEM Career Interests of Middle School Students. *International Journal of Progressive Education*, 16(4), 1-12. <https://doi.org/10.29329/ijpe.2020.268.1>
- Eisha. (2020). TEACHING LEARNING OF SCIENCE THROUGH LOCAL CULTURE: ETHNOSCIENCE. *BEST: International Journal of Humanities, Arts, Medicine and Sciences (BEST: IJHAMS)*, 8(1), 9-14.
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Fathurohman, I., Amri, M. F., Septiyanto, A., & Riandi. (2023). Integrating STEM based Education for Sustainable Development (ESD) to Promote Quality Education: A Systematic Literature Review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 1052-1059. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i11.4430>
- Gallagher, K. E., Kadokura, E., Eckert, L. O., Miyake, S., Aldea, M., Ross, D. A., & Watson-Jones, D. (2016). Factors influencing completion of multi-dose vaccine schedules in adolescents: a systematic review. *BMC Public Health*. 16(172), 2-17. <https://doi.org/10.1186/s12889-016-2845-z>
- Gay, G. (2018). *Culturally responsive teaching: Theory, research, and practice*. Teachers College Press.
- Haddaway, N. R., Page, M. J., Pritchard, C. C., & McGuinness, L. A. (2022). PRISMA2020: An R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and Open Synthesis. *Campbell Systematic Reviews*, 18(2), e1230. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/cl2.1230>
- Hallström, J.; Schönborn, K.J. (2019). Model dan pemodelan untuk pendidikan STEM yang autentik: Memperkuat argumen. *Jurnal Int.*

- Pendidikan STEM., 6, 22
- Harris, R. S., & Hodges, C. B. (2018). STEM Education in Rural Schools: Implications of Untapped Potential STEM Education in Rural Schools: Implications of Untapped Potential. *National Youth-At-Risk Journal*, 3(1), 1-12. <https://doi.org/10.20429/nyarj.2018.030102>
- Hasanah, A. N., & Purwandari. (2023). Project Based Learning Model to Improve Communication Skills and Science Learning Outcomes. In *Science Education and Application Journal* (Vol. 5, Issue 2). <http://jurnalpendidikan.unisla.ac.id/index.php/SEAJ>
- Høgheim, S., & Reber, R. (2015). Supporting interest of middle school students in mathematics through context personalization and example choice. *Contemporary Educational Psychology*, 42, 17-25. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2015.03.006>
- Ilma, A. Z. I., Wilujeng, A., Widowati, M., Nurtanto, and N. Kholifah. (2023). "A systematic literature review of STEM education in Indonesia (2016-2021): contribution to improving skills in 21st century learning," *Pegem Journal of Education and Instruction*, 13(2), pp. 134-146. doi: 10.47750/pegegog.13.02.17.
- Kim, M., Markle, J., Jin, Q., & Akdemir, K. (2025). Children's Visualization and Collaboration in a STEM Makerspace: Opportunities for Fostering Sustainability Awareness. *Sustainability* (Switzerland), 17(5). <https://doi.org/10.3390/su17052014>
- Kivunja, C. (2015). Exploring the Pedagogical Meaning and Implications of the 4Cs "Super Skills" for the 21st Century through Bruner's 5E Lenses of Knowledge Construction to Improve Pedagogies of the New Learning Paradigm. *Creative Education*, 6, 224-239 <http://dx.doi.org/10.4236/ce.2015.62021>
- Lame & Guillaume. (2019). Systematic Literature Reviews: An Introduction SYSTEMATIC LITERATURE REVIEWS: AN INTRODUCTION. *INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN*, 1533-1642 <https://doi.org/10.1017/dsi.2019.169>
- Lin, K. Y., Ku, C. J., Wei, H. T., Yu, K. C., & Williams, P. J. (2025). Processes, challenges, and teacher roles in developing and implementing collaborative STEM curricula: case studies of two Taiwanese schools. *International Journal of STEM Education*. <https://doi.org/10.1186/s40594-025-00545-3>
- Margot, K., & Kettler, K. (2019). Teachers' perceptions of STEM integration: A systematic review of the literature. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 1-16.
- Milton, S., Sager, M. T., & Walkington, C. A. (2023). Understanding Racially Minoritized Girls' Perceptions of Their STEM Identities, Abilities, and Sense of Belonging in a Summer Camp. *Education Sciences*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/educsci13121183>
- Mulyani, & Julianto. (2022). PEMBELAJARAN SAINS BERBASIS BUDAYA LOKAL SEBAGAI BENTUK INTEGRATIF PENDIDIKAN KARAKTER. *Edustream: Jurnal Pendidikan Dasar*.
- Muñoz-Losa, A., & Marcos-Merino, J. M. (2024). Emotions and self-efficacy toward simple machines learning through a STEM practice. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1393711>
- Mushlihah, M., Wajdi, F., Narulita, S., & Laila Syawali Siregar, F. (2025). Pelatihan Integrasi Pendidikan Islam dan STEM Melalui Project-Based Learning dalam Menghadapi Perubahan Iklim di SMPN Satu Atap 01 Pulau Pari. *Satwika: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 8-16. <https://doi.org/10.21009/satwika.050102>
- Nguyễn, L. C., Hoa, H. Q., & Hien, L. H. P. (2025). Integrating design thinking into STEM education: Enhancing problem-solving skills of high school students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(4), 1-11. <https://doi.org/10.29333/ejmste/16084>
- OECD. (2019). PISA 2018 Results (Volume I) WHAT STUDENTS KNOW AND CAN DO. PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>.
- Pahlefy, M. R., Wenedy, A., & Salsabila. (2024). TRANSFORMASI PENDIDIKAN: DESIGN THINKING UNTUK KREATIVITAS DAN CRITICAL THINKING ANAK DI ERA GLOBALISASI. *Sindoro CENDIKIA PENDIDIKAN*. <https://doi.org/10.9644/sindoro.v3i9.252>
- Panggabean, F. M., Novelia Br Barus, P., Adelia Arifah Tobing, R. L., & Marbun, R. (2024). THE ROLE OF TEACHER AS A LEARNING FACILITATORS IN 21ST CENTURY EDUCATION.
- Park, W. J., Wu, Y., and Erduran, S. (2020), "The nature of STEM disciplines in the science education standards documents from the USA, Korea and Taiwan," *Science & Education*, vol. 29, no. 4, pp. 899-927, doi: 10.1007/s11191-020-00139-1.
- Permana, T. I., Husamah, H., Nurhamdani, M. I., Zaskia, A., Savitri, A., Aulia, D., & Salsabila. (2024). Augmented reality in biology education: A systematic literature review. *Research and Development in Education (RaDen)*, 4(1). <https://doi.org/10.22219/raden.v4i1.32636>

- Permanasari, A., Rubini, B., Pursitasari, I. D., Nurramadhani, A., Hadiana, D., Suwarma, I. R., & Kumano, Y. (2024). FUN CLASSROOM: HOW SEVEN GRADERS AND SCIENCE TEACHERS RESPOND TO STEM LEARNING AS THE FIRST EXPERIENCE IN SUBURBAN AREA?. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 13(1), 55–63.
- Putra, B.P & Wahyuni, S. (2024). Integrasi Kearifan Lokal dalam Pembelajaran IPA untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa: Kajian Literatur. *Kalam Cendekia: Jurnal Ilmiah Kependidikan*.
- Rahmaniar, A. (2024). "RELIGION" PADA PEMBELAJARAN IPA BERBASIS PENDIDIKAN STREAM. [www.journal.uniga.ac.id](http://www.journal.uniga.ac.id)
- Sariyatun., Sutimin, L. A., & Abidin, N. F. (2025). The Role of Social Support in Moderating the Impact of Digital Literacy and Metacognitive Skills on Self-Efficacy among Students. *Educational Process: International Journal*, 14. <https://doi.org/10.22521/edupij.2025.14.78>
- Sarwi, S., Marwoto, P., Susilaningsih, E., Lathif, Y. F., & Winarto, W. (2024). Science learning STEM-R approach: A study of students' reflective and critical thinking. *Journal of Education and Learning*, 18(2), 462–470. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i2.21080>
- Seage, S. J., & Türegün, M. (2020). The Effects of Blended Learning on STEM Achievement of Elementary School Students To cite this article : The Effects of Blended Learning on STEM Achievement of Elementary School Students. *IJRES: International Journal of Research in Education and Science*. DOI:10.46328/IJRES.V6i1.728
- Siregar, N. C., Rosli, R., Haswati, D., & Gumilar, A. (2024). Elementary School Teachers' Skills in Integrating STEM Education. In *Southeast Asia Mathematics Education Journal* (Vol. 14, Issue 2).
- Soomoro, S.A., Casakin, H., Nanjappan, V., & Georgiev, G.V. (2023). Makerspaces Fostering Creativity: A Systematic Literature Review. *Journal of Science Education and Technology*, 32, 530-548. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10041-4>
- Suryandari, S., Destiara, M., & Singgih, S. (2022). Pelatihan Laboratorium Virtual Go-Lab dalam Mendukung Merdeka Belajar. *Bubungan Tinggi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(4), 1523. <https://doi.org/10.20527/btjpm.v4i4.6643>
- Syaflita, D., Efendi, R., Muslim., & Azhar. (2024). Implementation of Design Thinking to Support Creativity- Oriented Learning: A Literature Review. 10(4), 188–197. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i4.6788>
- Thanh, T. N. T., Nguyen, T. T. H., Le, T. H. C., Ha, T. H. D., Thanh, V. N. T., & Thanh, P. H. (2025). Science mapping research of STEM in primary schools: A bibliometric analysis from Scopus database (2004-2024). In *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* (Vol. 21, Issue 6). Modestum LTD. <https://doi.org/10.29333/ejmste/16510>
- Thibaut, L., Knipprath, H., Dehaene, W., & Depaepe, F. (2018). The influence of teachers' attitudes and school context on instructional practices in integrated STEM education. *Teaching and Teacher Education*, 71, 190–205. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.12.014>
- Uzun, S., & Şen, N. (2023). The effects of a STEM-based intervention on middle school students' science achievement and learning motivation. *Journal of Pedagogical Research*, 7(1), 228–242. <https://doi.org/10.33902/JPR.202319315>
- Voogot, J., Erstad, O., Dede, C., & Mishra, P. (2013). Challenges to learning and schooling in the digital age: Introduction to the special issue. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(2), 105-113. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcal.12009>
- Wahyuni, S. I., Ilham, B., & Nureeyawaji. (2024). EVALUATING STEM-BASED REFORM TEACHING OBSERVATION PROTOCOL TO ENHANCE STUDENTS' COMMUNICATION SKILLS IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS IN SCIENCE LEARNING. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 13(3), 401–410. <https://doi.org/10.15294/c97mez74>
- Wahono, B., Lin, P., & Chang, C. (2020). Evidence of STEM enactment effectiveness in Asian student learning outcomes. 7(36), 1–18. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00236-1>
- Yuliati, L., & Lestari, N. D. (2021). Tantangan implementasi pembelajaran STEM dalam pendidikan sains di Indonesia. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 7(1), 56–67.
- Yusuf, M. (2023). Implementasi makerspace sebagai pusat kreativitas dan inovasi di perpustakaan perguruan tinggi. *Indonesian Journal of Academic Librarianship*. <http://journals.apptisjatim.org/>
- Zhang, L., & Ma, Y. (2023). A study of the impact of project-based learning on student learning effects: a meta-analysis study. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 14). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1202728>