DIKSI: Jurnal Kajian Pendidikan dan Sosial
p-ISSN: 2809-3585, e-ISSN: 2809-3593
Volume 7, nomor 1, 2026, hal. 210-219
Doi: https://doi.org/10.53299/diksi.v7i1.3959

Meta-Analisis Implementasi *STEM Education* dalam Pembelajaran IPA: Pendekatan *Systematic Literature Review*

Fitriana Lugi[1], Supratman[2]*, Ainun Asmawati[3], Suhirman[4], Arsonariya[5], Muslimin[6], Muhammad Hafizin[7]
[1,2,5]Universitas Samawa, Sumbawa, Indoensia
[3]SMAN 2 Sumbawa, Dikpora Provinsi NTB, Indoneisa
[4]Universitas Islam Negeri Mataram, Mataram, Indonesia
[6,7]Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

*Coresponding Author: supratman.sep1984@gmail.com

Article history
Dikirim:
27-02-2026

Direvisi:
02-03-2026

Diterima:
03-03-2026

Key words:
STEM Education; pembelajaran sains; literasi ilmiah; keterampilan abad ke-21.

Abstrak: Tuntutan penguasaan kompetensi abad ke-21 mendorong perlunya integrasi pendekatan inovatif dalam pembelajaran IPA untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara sistematis efektivitas integrasi STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) dalam pembelajaran IPA melalui pendekatan *Systematic Literature Review (SLR)* berbasis meta-analisis. Studi ini mengikuti prosedur PRISMA dengan menyeleksi 112 artikel yang diterbitkan pada periode 2020–2024 dari basis data Scopus, ERIC, ScienceDirect, dan Google Scholar, sehingga diperoleh 20 artikel empiris yang memenuhi kriteria inklusi. Data dianalisis menggunakan sintesis tematik dan perbandingan effect size (Cohen's d) untuk mengevaluasi dampak terhadap keterampilan berpikir kritis dan kreatif, literasi sains, kemampuan pemecahan masalah, serta kompetensi abad ke-21 lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi STEM secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi dengan kategori effect size sedang hingga sangat tinggi, terutama melalui model Project-Based Learning dan Problem-Based Learning. Literasi sains juga mengalami peningkatan yang konsisten pada implementasi yang kontekstual dan berkelanjutan. Disimpulkan bahwa integrasi STEM yang terstruktur dan interdisipliner berkontribusi positif terhadap pembelajaran IPA yang bermakna. Implikasinya, diperlukan penyelarasan kurikulum, pengembangan profesional guru secara berkelanjutan, serta dukungan institusional untuk mengoptimalkan implementasi STEM secara berkelanjutan.

PENDAHULUAN

Perkembangan transformasi pendidikan global menuntut penguasaan keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, kolaborasi, dan literasi sains sebagai fondasi daya saing generasi muda. Sejumlah penelitian mutakhir menunjukkan bahwa capaian literasi sains dan kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik di kawasan Asia, termasuk Indonesia, masih memerlukan penguatan melalui pembelajaran yang lebih kontekstual dan aplikatif (Lafifa *et al*., 2023; Ilma *et al*., 2023; Wahono *et al*., 2020). Selain itu, dinamika perkembangan teknologi dan kompleksitas isu keberlanjutan global menuntut

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

pembelajaran IPA tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga pada kemampuan integratif lintas disiplin yang relevan. dengan permasalahan dunia nyata (Anwar *et al*., 2023; Le *et al*., 2023). Dengan demikian, diperlukan pendekatan pembelajaran yang mampu menjembatani pengetahuan teoretis dengan praktik autentik.

Beberapa tahun terakhir, integrasi Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) dipandang sebagai pendekatan strategis untuk meningkatkan hasil belajar IPA sekaligus mengembangkan keterampilan 4C melalui pengalaman belajar berbasis desain dan pemecahan masalah (Nilyani *et al*., 2023; Ningtyas *et al*., 2024). Pendekatan ini menekankan penggabungan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam aktivitas investigatif yang terstruktur melalui engineering design process, sehingga mendorong penguatan argumentasi berbasis data dan kolaborasi antarpeserta didik (Joseph & Uzondu, 2024). Berbagai kajian juga melaporkan bahwa integrasi STEM berkontribusi positif terhadap peningkatan literasi sains. dan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Asrizal *et al*., 2023; Smith *et al*., 2022). Oleh karena itu, STEM diposisikan sebagai kerangka konseptual yang potensial dalam mentransformasi pembelajaran IPA menjadi lebih autentik dan adaptif.

Meskipun demikian, implementasi STEM di berbagai konteks pendidikan masih menghadapi sejumlah tantangan. Beberapa studi menunjukkan bahwa penerapan STEM kerap bersifat parsial, terbatas pada proyek jangka pendek, dan belum sepenuhnya terintegrasi dalam struktur kurikulum; di samping itu, keterbatasan kompetensi interdisipliner guru dan dukungan sarana menjadi hambatan signifikan (Guerzon & Busbus, 2023; Hamad *et al*., 2022). Variasi temuan mengenai efektivitas STEM juga dipengaruhi oleh perbedaan jenjang pendidikan, model pembelajaran yang digunakan, serta jenis keterampilan yang diukur (Nazifah & Asrizal, 2022; Amelia & Santoso, 2021). Bahkan, beberapa penelitian terbaru mengindikasikan bahwa dampak STEM terhadap capaian belajar belum menunjukkan konsistensi pada seluruh indikator kompetensi abad ke-21 (Tenti *et al*., 2021; Ichsan *et al*., 2023). Kondisi tersebut menegaskan perlunya kajian sistematis dan meta-analisis untuk mensintesis bukti empiris terkini, mengidentifikasi pola efektivitas, serta menentukan faktor-faktor kunci keberhasilan implementasi STEM dalam pembelajaran IPA.

Berdasarkan uraian tersebut, kajian komprehensif mengenai efektivitas STEM dalam pembelajaran IPA menjadi sangat urgen untuk memperkuat landasan ilmiah dan arah kebijakan pendidikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tren implementasi STEM dalam pendidikan IPA, mengidentifikasi dampaknya terhadap hasil belajar dan keterampilan abad ke-21, serta menentukan model pembelajaran yang paling efektif berdasarkan sintesis literatur lima tahun terakhir. Melalui pendekatan *Systematic Literature Review (SLR)* dan meta-analisis, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi teoretis dalam pengembangan model pembelajaran IPA berbasis STEM. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan menjadi rujukan praktis bagi pendidik, pengembang kurikulum, dan pembuat kebijakan dalam mengoptimalkan integrasi STEM di sekolah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review (SLR)* dengan sintesis kuantitatif terbatas (deskriptif-komparatif) untuk menganalisis efektivitas implementasi pendidikan STEM dalam materi Pendidikan IPA. SLR dipilih

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

karena mampu menyajikan pemetaan komprehensif, transparan, dan replikatif terhadap temuan empiris mutakhir mengenai integrasi STEM pada pembelajaran sains (International Journal of *STEM Education*; Education Sciences).

Desain dan Prosedur Review

Prosedur review mengacu pada tahapan SLR yang meliputi: (1) perumusan pertanyaan penelitian, (2) penelusuran literatur, (3) seleksi dan penyaringan artikel, (4) ekstraksi data, serta (5) analisis dan sintesis temuan (Ilma *et al*., 2023; Ningtyas *et al*., 2024). Pertanyaan penelitian difokuskan pada: a) Bagaimana karakteristik implementasi STEM dalam pembelajaran IPA?; b) Seberapa besar pengaruh integrasi STEM terhadap hasil belajar dan keterampilan abad ke-21 peserta didik? c) Faktor apa saja yang memengaruhi efektivitas implementasi STEM?

Strategi Penelusuran Literatur

Penelusuran artikel dilakukan pada basis data bereputasi seperti Google Scholar, Scopus, dan Crossref dengan rentang publikasi lima tahun terakhir (2020–2024). Kata kunci yang digunakan meliputi: "*STEM Education*", "integrated STEM", "science learning", "IPA", "meta-analysis", "systematic review", dan "21st century skills". Strategi pencarian dilakukan secara kombinatif menggunakan operator Boolean (AND, OR).

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria inklusi meliputi: a) Artikel penelitian empiris (kuantitatif, eksperimen, quasi-eksperimen, meta-analisis, atau SLR); b) Membahas integrasi STEM dalam pembelajaran IPA/sains; c) Dipublikasikan pada jurnal terindeks dan memiliki DOI; d) Terbit pada periode 2020–2024; e) Menyajikan data hasil belajar atau keterampilan abad ke-21. Kriteria eksklusi meliputi artikel non-empiris, prosiding tanpa peer-review jelas, serta penelitian yang tidak relevan dengan konteks pembelajaran IPA.

Proses Seleksi Artikel

Tahap identifikasi awal menghasilkan 112 artikel. Setelah proses penyaringan berdasarkan judul dan abstrak, diperoleh 45 artikel yang relevan. Selanjutnya, melalui telaah teks penuh dan penerapan kriteria inklusi–eksklusi, sebanyak 20 artikel memenuhi syarat untuk dianalisis lebih lanjut. Artikel yang dianalisis mencakup studi meta-analisis (misalnya Nilyani *et al*., 2023; Asrizal *et al*., 2023), systematic review (Ilma *et al*., 2023; Arafat *et al*., 2024), serta penelitian empiris terkait implementasi STEM (Hamad *et al*., 2022; Le *et al*., 2023).

Teknik Analisis Data

Data yang diekstraksi meliputi: (1) karakteristik penelitian (tahun, jenjang pendidikan, desain), (2) model atau pendekatan STEM yang digunakan, (3) variabel hasil (hasil belajar kognitif, literasi sains, berpikir kritis, kreativitas), dan (4) temuan utama. Analisis dilakukan secara deskriptif-kualitatif dengan mengelompokkan temuan berdasarkan jenis keterampilan dan model integrasi STEM. Pada studi meta-analisis yang dilaporkan, nilai effect size dibandingkan untuk mengidentifikasi kecenderungan kekuatan pengaruh STEM terhadap pembelajaran IPA.

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

Validitas dan Reliabilitas

Untuk menjaga kredibilitas, proses seleksi dan ekstraksi data dilakukan secara sistematis dengan dokumentasi tahapan review. Konsistensi sintesis didasarkan pada kesesuaian metodologi dan transparansi pelaporan studi yang dianalisis, sebagaimana direkomendasikan dalam praktik systematic review pendidikan (Joseph & Uzondu, 2024; Smith *et al*., 2022).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Integrasi STEM terhadap Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif

Sintesis artikel yang memenuhi kriteria menunjukkan bahwa integrasi STEM dalam pembelajaran IPA secara konsisten meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif peserta didik. Bukti kuantitatif terutama bersumber dari studi meta-analisis yang menghitung effect size serta penelitian eksperimen yang melaporkan gain skor pretest–posttest. Secara umum, besaran pengaruh berada pada kategori sedang hingga sangat tinggi, dengan kecenderungan nilai tertinggi ditemukan pada jenjang SMA dan pada implementasi STEM yang terintegrasi dalam bahan ajar maupun model pembelajaran tertentu (Anwar *et al*., 2023; Zan *et al*., 2023; Asrizal *et al*., 2023; Dewanto *et al*., 2024).

Tabel 1. Ringkasan Pengaruh Integrasi STEM terhadap Berpikir Kritis dan Kreatif (2020–2024)

Peneliti	Jenis Studi	Variabel	Effect Size/Kategori	Temuan Utama
Anwar *et al*. (2023)	Meta-analisis	Berpikir kritis & kreatif	Sangat tinggi	Pengaruh signifikan di semua jenjang; tertinggi SMA
Zan *et al*. (2023)	Meta-analisis	HOTS	Tinggi–sangat tinggi	Modul/LKPD STEM sangat efektif
Asrizal *et al*. (2023)	Meta-analisis	21st century skills	Tinggi	Dampak besar pada 4C & HOTS
Dewanto *et al*. (2024)	Meta-analisis	Berpikir kreatif	Tinggi	Guided inquiry–STEM efektif

Hasil sintesis menunjukkan bahwa integrasi STEM memberikan dampak signifikan terhadap keterampilan berpikir kritis dan kreatif dengan kategori effect size sedang hingga sangat tinggi. Secara analitis, peningkatan tersebut terjadi karena pembelajaran STEM menempatkan siswa pada situasi problem solving berbasis konteks nyata, sehingga menuntut aktivitas analisis, evaluasi, dan penciptaan solusi inovatif. Proses engineering design yang menjadi karakteristik utama STEM mendorong siswa melakukan iterasi solusi dan refleksi konseptual, yang secara langsung mengaktifkan dimensi HOTS. Hal ini memperkuat argumentasi bahwa peningkatan keterampilan berpikir bukan sekadar akibat variasi metode, melainkan karena struktur epistemologis STEM yang integratif dan kontekstual.

Jika dibandingkan dengan hasil meta-analisis oleh Anwar *et al*. (2023), Zan *et al*. (2023), dan Asrizal *et al*. (2023), temuan ini konsisten menunjukkan bahwa implementasi berbasis modul/LKPD STEM dan model PBL atau PjBL menghasilkan effect size lebih tinggi dibanding pembelajaran konvensional. Bahkan studi Dewanto *et al*. (2024) menegaskan bahwa integrasi guided inquiry–STEM secara signifikan meningkatkan kreativitas melalui eksplorasi solusi terbuka. Dibandingkan penelitian

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

yang hanya mengintegrasikan satu atau dua disiplin, pendekatan STEM terpadu menunjukkan konsistensi pengaruh yang lebih besar terhadap dimensi 4C.

Namun demikian, variasi effect size menunjukkan bahwa efektivitas STEM tidak bersifat otomatis. Perbedaan jenjang pendidikan, kesiapan guru, serta kualitas desain perangkat pembelajaran memengaruhi capaian hasil. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa integrasi STEM efektif meningkatkan berpikir kritis dan kreatif apabila dirancang secara sistematis dan kontekstual. Implikasinya, guru perlu menyelaraskan sintaks pembelajaran, asesmen autentik, dan tujuan HOTS agar peningkatan keterampilan tidak bersifat temporer, melainkan berkelanjutan.

Pengaruh Integrasi STEM terhadap Literasi Sains

Analisis menunjukkan bahwa literasi sains merupakan variabel dominan dalam penelitian STEM lima tahun terakhir. Literasi sains mencakup kemampuan memahami konsep, menerapkan pengetahuan dalam konteks nyata, serta mengevaluasi informasi berdasarkan bukti ilmiah. Studi meta-analisis dan systematic review menunjukkan bahwa pembelajaran IPA terintegrasi STEM meningkatkan literasi sains pada kategori sedang hingga sangat tinggi (Nilyani *et al*., 2023; Le *et al*., 2023; Cheng *et al*., 2022).

Tabel 2. Ringkasan Pengaruh STEM terhadap Literasi Sains (2020–2024)

Peneliti	Jenis Studi	Effect Size/Kategori	Temuan Utama
Nilyani *et al.* (2023)	Meta-analisis	Sangat tinggi	STEM efektif pada literasi sains & berpikir kritis
Nazifah & Asrizal (2022)	Meta-analisis modul	Sedang–tinggi	Modul STEM meningkatkan pengetahuan & 21st century skills
Le *et al.* (2023)	SLR K–12	Positif signifikan	Outcome pembelajaran meningkat
Cheng *et al.* (2022)	Meta-analisis CT–STEM	Tinggi	Integrasi CT memperkuat performa STEM

Analisis hasil penelitian menunjukkan bahwa literasi sains menjadi variabel dominan dalam kajian STEM lima tahun terakhir. Peningkatan literasi sains terjadi karena pembelajaran STEM memfasilitasi keterkaitan antara konsep teoretis dengan aplikasi dunia nyata melalui engineering design process dan problem kontekstual. Aktivitas tersebut memperkuat transfer pengetahuan dan kemampuan evaluasi berbasis bukti ilmiah. Secara konseptual, literasi sains dalam konteks STEM tidak hanya menekankan pemahaman konsep, tetapi juga kemampuan mengambil keputusan berbasis data.

Temuan ini sejalan dengan meta-analisis Nilyani *et al*. (2023) yang menunjukkan effect size sangat tinggi pada literasi sains dan berpikir kritis. Penelitian Nazifah & Asrizal (2022) juga melaporkan bahwa modul STEM berkontribusi signifikan terhadap peningkatan pengetahuan dan 21st century skills. Selain itu, integrasi computational thinking dalam STEM menurut Cheng *et al*. (2022) memperkuat performa akademik dan pemahaman konseptual siswa K–12. Bahkan systematic review oleh Le *et al*. (2023) menunjukkan bahwa hasil literasi lebih konsisten ketika STEM diterapkan dalam PjBL berbasis konteks lokal.

Meskipun demikian, perbedaan desain penelitian dan durasi implementasi menyebabkan variasi capaian literasi. Beberapa studi menunjukkan bahwa implementasi jangka pendek menghasilkan peningkatan moderat dibanding intervensi berkelanjutan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa integrasi STEM berkontribusi positif terhadap literasi sains, terutama ketika didukung pendekatan

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

kontekstual dan integrasi kurikulum yang sistematis. Implikasinya, sekolah perlu mengembangkan perangkat dan asesmen literasi sains berbasis kinerja agar transfer konsep dapat terukur secara autentik.

Faktor Pendukung dan Hambatan Implementasi STEM

Sintesis hasil penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi STEM dipengaruhi oleh kompetensi guru, desain kurikulum, dan dukungan institusional. Berbagai studi survei dan penelitian kualitatif mengungkapkan bahwa guru umumnya memiliki sikap positif terhadap penerapan STEM dalam pembelajaran. Namun demikian, mereka masih menghadapi kendala dalam integrasi interdisipliner serta keterbatasan kesiapan pedagogik untuk mengelola pembelajaran berbasis STEM secara optimal (Hamad *et al*., 2022; Mafugu *et al*., 2024).

Tabel 3. Faktor Pendukung dan Hambatan Implementasi STEM (2020–2024)

Peneliti	Fokus Kajian	Temuan Utama
Hamad *et al*. (2022)	Tantangan guru	Kekurangan waktu & panduan implementasi
Christian *et al*. (2021)	Pengembangan profesional	Pelatihan meningkatkan self-efficacy
Joseph & Uzondu (2024)	Kurikulum interdisipliner	Model PBL/PjBL menopang konsistensi STEM
Zulkifli *et al*. (2022)	TPACK–STEM	Model TPACK-STEM efektif pada 21st century skills

Sintesis penelitian menunjukkan bahwa kompetensi guru, desain kurikulum, dan dukungan institusional merupakan determinan utama keberhasilan implementasi STEM. Secara analitis, kendala utama terletak pada integrasi interdisipliner dan kesiapan pedagogik guru dalam mengelola pembelajaran berbasis proyek. Guru seringkali memahami konsep STEM secara konseptual, tetapi mengalami kesulitan dalam merancang aktivitas engineering design yang autentik dan terukur. Hal ini berdampak pada inkonsistensi implementasi di kelas.

Temuan ini sejalan dengan studi Hamad *et al*. (2022) yang melaporkan keterbatasan waktu dan panduan implementasi sebagai hambatan utama. Penelitian Mafugu *et al*. (2024) juga menunjukkan bahwa persepsi positif guru belum sepenuhnya diikuti kesiapan praktik. Sebaliknya, pelatihan profesional berbasis NGSS menurut Christian *et al*. (2021) serta penguatan model TPACK–STEM oleh Zulkifli *et al*. (2022) terbukti meningkatkan self-efficacy dan kualitas implementasi. Kajian kurikulum oleh Joseph & Uzondu (2024) menegaskan bahwa model interdisipliner berbasis proyek menjadi fondasi keberlanjutan STEM

Dengan demikian, dapat dirumuskan bahwa efektivitas STEM tidak hanya ditentukan oleh model pembelajaran, tetapi juga oleh kesiapan sistem pendidikan secara menyeluruh. Kelemahan utama terletak pada kurangnya panduan operasional dan pelatihan berkelanjutan. Implikasinya, diperlukan kebijakan institusional yang mendukung pengembangan profesional berkelanjutan, integrasi kurikulum lintas disiplin, serta penyediaan perangkat pembelajaran yang terstruktur agar implementasi STEM dapat berlangsung konsisten dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil sintesis penelitian lima tahun terakhir, integrasi STEM dalam pembelajaran IPA terbukti memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

keterampilan berpikir kritis dan kreatif peserta didik. Peningkatan tersebut umumnya berada pada kategori sedang hingga sangat tinggi, terutama Ketika STEM diimplementasikan melalui model pembelajaran berbasis masalah atau proyek serta didukung oleh perangkat ajar terintegrasi. Struktur pembelajaran yang menekankan pada penyelesaian masalah autentik, proses desain rekayasa, serta eksplorasi solusi terbuka mendorong siswa untuk melakukan analisis, evaluasi, dan penciptaan gagasan secara sistematis.

Selain itu, integrasi STEM juga berkontribusi signifikan terhadap peningkatan literasi sains. Pembelajaran yang menghubungkan konsep sains dengan konteks dunia nyata memperkuat pemahaman konseptual, kemampuan transfer pengetahuan, serta pengambilan keputusan berbasis bukti. Peningkatan literasi sains cenderung lebih konsisten ketika implementasi dilakukan secara kontekstual, berkelanjutan, dan terintegrasi dalam kurikulum sekolah.

Namun demikian, efektivitas integrasi STEM sangat dipengaruhi oleh kesiapan guru, desain kurikulum, serta dukungan institusional. Hambatan utama meliputi keterbatasan waktu, kurangnya panduan implementasi yang sistematis, dan kesiapan pedagogik dalam mengelola pembelajaran interdisipliner. Oleh karena itu, keberhasilan integrasi STEM tidak hanya ditentukan oleh model pembelajaran yang digunakan, tetapi juga oleh dukungan kebijakan, pengembangan profesional berkelanjutan, dan penyelarasan antara tujuan pembelajaran, strategi implementasi, serta asesmen berbasis kinerja.

Secara keseluruhan, integrasi STEM efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan literasi sains apabila dirancang secara sistematis dan kontekstual serta didukung oleh sistem pendidikan yang memadai. Implementasi yang terstruktur dan berkelanjutan menjadi kunci agar dampak pembelajaran dapat optimal dan berjangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

Amelia, R., & Santoso, S. (2021). 21st century skills in project-based learning integrated STEM on science subject: A *Systematic Literature Review*. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 583–590. https://doi.org/10.2991/assehr.k.210421.085.

Anwar, P., Usmeldi, & Asrizal. (2023). Effects of STEM integration in science learning on critical thinking and creative thinking skills: A meta-analysis. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, *9*(2). https://doi.org/10.24036/jppf.v9i2.122493.

Anwar, P., Usmeldi, U., & Asrizal, A. (2023). Effects of STEM integration in science learning on critical thinking and creative thinking skills: A meta-analysis. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, *9*(2). https://doi.org/10.24036/jppf.v9i2.122493.

Arafat, M., Budiyanto, C., Yuana, R., & Fenyvesi, K. (2024). Implementation of integrated STEM learning in educational robotics towards 21st century skills: A systematic review. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, *12*(2). https://doi.org/10.46328/ijemst.4271.

Asrizal, A., Usmeldi, U., & Azriyanti, R. (2023). Meta-analysis of the influence of the STEM-integrated learning model on science learning on 21st century skills.

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 9(8). https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i8.3094.

Azizahwati, A., Januarti, J., Sari, S., Sari, R., Ranti, L., & Septyowaty, R. (2023). Meta-analysis of the effect of STEM application on higher order thinking skill in science learning. *Momentum: Physics Education Journal, 7*(1). https://doi.org/10.21067/mpej.v7i1.7959.

Cheng, L., Wang, X., & Ritzhaupt, A. (2022). The effects of computational thinking integration in STEM on students' learning performance in K–12 education: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research, 61*(2), 416–443. https://doi.org/10.1177/07356331221114183.

Christian, K., Kelly, A., & Bugallo, M. (2021). NGSS-based teacher professional development to implement engineering practices in STEM instruction. *International Journal of STEM Education, 8*, Article 1–18. https://doi.org/10.1186/s40594-021-00284-1.

Guerzon, J., & Busbus, S. (2023). *Systematic Literature Review* on the perceptions of teachers of STEM integration. *SEAQIS Journal of Science Education, 3*(2). https://doi.org/10.58249/sjse.v3i02.115.

Hamad, S., Tairab, H., Wardat, Y., Rabbani, L., Alarabi, K., Yousif, M., Abu-Al-Aish, A., & Stoica, G. (2022). Understanding science teachers' implementations of integrated STEM: Teacher perceptions and practice. *Sustainability, 14*(6), 3594. https://doi.org/10.3390/su14063594.

Hamad, S., Tairab, H., Wardat, Y., Rabbani, L., Alarabi, K., Yousif, M., Abu-Al-Aish, A., & Stoica, G. (2022). Understanding science teachers' implementations of integrated STEM: Teacher perceptions and practice. *Sustainability, 14*(6). https://doi.org/10.3390/su14063594.

Ichsan, I., Suharyat, Y., Santosa, T., & Satria, E. (2023). Effectiveness of STEM-based learning in teaching 21st century skills in Generation Z students in science learning: A meta-analysis. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 9*(1). https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i1.2517.

Ilma, A., Wilujeng, I., Widowati, A., Nurtanto, M., & Kholifah, N. (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). https://doi.org/10.47750/pegegog.13.02.17.

Joseph, O., & Uzondu, N. (2024). Curriculum development for interdisciplinary *STEM Education*: A review of models and approaches. *International Journal of Applied Research in Social Sciences, 6*(8). https://doi.org/10.51594/ijarss.v6i8.1371.

Joseph, O., & Uzondu, N. (2024). Curriculums development for interdisciplinary *STEM Education*: A review of models and approaches. *International Journal of Applied Research in Social Sciences, 6*(8). https://doi.org/10.51594/ijarss.v6i8.1371.

Lafifa, F., Rosana, D., Suyanta, S., Nurohman, S., & Astuti, S. (2023). Integrated STEM approach to improve 21st century skills in Indonesia: A systematic review.

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

International Journal of STEM Education for Sustainability, 3(2). https://doi.org/10.53889/ijses.v3i2.219.

Le, H., Nguyen, V., & Nguyen, T. (2023). Integrated STEM approaches and associated outcomes of K–12 student learning: A systematic review. *Education Sciences, 13*(3). https://doi.org/10.3390/educsci13030297.

Mafugu, T., Nzimande, E., & Makwara, C. (2024). Teachers' perceptions of integrative *STEM Education* in life sciences classrooms. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 20*. https://doi.org/10.29333/ejmste/15624.

Martawijaya, M., Rahmadhanningsih, S., Swandi, A., Hasyim, M., & Sujiono, E. (2023). The effect of applying the Ethno-STEM project-based learning model on students' higher-order thinking skill and misconception of physics topics related to Lake Tempe, Indonesia. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 12*(1). https://doi.org/10.15294/jpii.v12i1.38703.

Nazifah, N., & Asrizal, A. (2022). The effect of STEM integrated modules on knowledge and students' 21st century skills in science and physics learning: A meta-analysis. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies, 34*(1). https://doi.org/10.52155/ijpsat.v34.1.4527.

Nazifah, N., & Asrizal. (2022). The effect of STEM integrated modules on knowledge and students' 21st century skill in science and physics learning: A meta-analysis. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies, 34*(1). https://doi.org/10.52155/ijpsat.v34.1.4527.

Nilyani, K., Asrizal, & Usmeldi. (2023). Effect of STEM integrated science learning on scientific literacy and critical thinking skills of students: A meta-analysis. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 9*(6). https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i6.2614.

Nilyani, K., Asrizal, A., & Usmeldi, U. (2023). Effect of STEM integrated science learning on scientific literacy and critical thinking skills of students: A meta-analysis. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 9*(6). https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i6.2614.

Ningtyas, P., Widarti, H., Parlan, P., Rahayu, S., & Dasna, I. (2024). Enhancing students' abilities and skills through science learning integrated STEM: A *Systematic Literature Review*. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 12*(1). https://doi.org/10.46328/ijemst.4292.

Penelitian, J., Santosa, T., Ratih, A., & Azriyanti, R. (2024). The influence of the STEM-based guided inquiry model on students' creative thinking skills in science learning: A meta-analysis study. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 10*(3). https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i3.6777.

Sahito, Z., & Wassan, S. (2024). Literature review on *STEM Education* and its awareness among teachers: An exploration of issues and problems with their solutions. *SAGE Open, 14*(1). https://doi.org/10.1177/21582440241236242.

Smith, K., Maynard, N., Berry, A., Stephenson, T., Spiteri, T., Corrigan, D., Mansfield, J., Ellerton, P., & Smith, T. (2022). Principles of problem-based

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

learning (PBL) in *STEM Education*: Using expert wisdom and research to frame educational practice. *Education Sciences, 12*(10). https://doi.org/10.3390/educsci12100728.

Tenti, N., Asrizal, A., Murtiani, M., & Gusnedi, G. (2021). Meta-analysis of the effect of integration *STEM Education* in various learning models on student physics learning outcomes. *Pillar of Physics Education, 14*(1). https://doi.org/10.24036/10331171074.

Usmeldi, & Azriyanti, R. (2023). Meta-analysis of the influence of the STEM-integrated learning model on science learning on 21st century skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 9*(8). https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i8.3094.

Wahono, B., Lin, P. L., & Chang, C. Y. (2020). Evidence of STEM enactment effectiveness in Asian student learning outcomes. *International Journal of STEM Education, 7*, 1–18. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00236-1.

Zan, A., Nilyani, K., Azriyanti, R., Asrizal, & Festiyed. (2023). Effect of STEM-based mathematics and natural science teaching materials on students' critical and creative thinking skills: A meta-analysis. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 9*(6). https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i6.2678.

Zan, A., Nilyani, K., Azriyanti, R., Asrizal, A., & Festiyed, F. (2023). Effect of STEM-based mathematics and natural science teaching materials on students' critical and creative thinking skills: A meta-analysis. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 9*(6). https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i6.2678.

Zulkifli, Z., Satria, E., Supriyadi, A., & Santosa, T. (2022). Meta-analysis: The effectiveness of the integrated STEM technology pedagogical content knowledge learning model on the 21st century skills of high school students in the science department. *Psychology, Evaluation, and Technology in Educational Research, 5*(1). https://doi.org/10.33292/petier.v5i1.144

Zulkifli, Z., Satria, E., Supriyadi, A., & Santosa, T. (2022). Meta-analysis: The effectiveness of the integrated STEM technology pedagogical content knowledge learning model on the 21st century skills of high school students in the science department. *Psychology, Evaluation, and Technology in Educational Research, 5*(1). https://doi.org/10.33292/petier.v5i1.144.

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional