Copyright © 2026 The Author(s)
Didaktika: Jurnal Kependidikan Vol. 15 No. 1 Februari 2026

Integrasi Pendekatan Pembelajaran STEM Pada Kerangka TPACK di Sekolah Dasar : Tinjauan Literatur Sistematis

Rangga Gustiawan Nazara[1], Matilda Daeli[2]
[1]Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia
[2]Universitas Negeri Medan, Indonesia

[1]rangganazara11@gmail.com
DOI: https://doi.org/10.58230/27454312.3574

Abstrak

Meningkatnya tuntutan pembelajaran abad ke-21 menuntut adanya pendekatan pembelajaran yang mampu mengintegrasikan penguasaan konsep, keterampilan berpikir tingkat tinggi, serta pemanfaatan teknologi secara pedagogis, khususnya pada jenjang sekolah dasar. Pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) dipandang relevan untuk menjawab tantangan tersebut, namun implementasinya memerlukan landasan pedagogis yang kuat agar tidak bersifat parsial. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mensintesis secara sistematis integrasi pembelajaran berorientasi STEM melalui pendekatan *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) pada pendidikan sekolah dasar. Metode yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* (SLR) dengan mengacu pada pedoman PRISMA 2020 terhadap 20 artikel ilmiah terpilih yang berasal dari jurnal terindeks Scopus dan jurnal nasional terakreditasi SINTA (minimal SINTA 4) yang diterbitkan pada rentang tahun 2013–2024. Hasil kajian menunjukkan bahwa pembelajaran STEM berpotensi meningkatkan keterlibatan belajar, pemahaman konseptual, keterampilan berpikir tingkat tinggi, dan literasi sains siswa apabila diintegrasikan secara bermakna melalui pendekatan TPACK. Namun demikian, efektivitas pembelajaran STEM sangat bergantung pada kompetensi TPACK guru serta kesiapan konteks pembelajaran, termasuk dukungan institusional dan kurikulum. Penelitian ini memberikan kontribusi teoretis dengan menyintesis temuan-temuan yang sebelumnya terfragmentasi menjadi pemahaman konseptual yang lebih koheren mengenai hubungan antara STEM dan TPACK, serta menegaskan bahwa integrasi pembelajaran STEM perlu ditempatkan sebagai bagian inheren dari desain pembelajaran dan kurikulum sekolah dasar, bukan sebagai pendekatan yang berdiri sendiri..
Kata kunci: STEM, TPACK, Literasi Sains, Sekolah Dasar

Pendahuluan

Transformasi pendidikan di era digital tidak dapat dilepaskan dari pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang memengaruhi cara belajar, cara mengajar, serta pola berpikir dalam dunia pendidikan. Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong munculnya berbagai inovasi pembelajaran, seperti pembelajaran berbasis digital, pemanfaatan Learning Management Systems (LMS), serta pendekatan pembelajaran integratif, termasuk STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). Pendekatan STEM dipandang relevan karena menekankan pembelajaran kontekstual, pemecahan masalah autentik, serta integrasi antardisiplin ilmu yang selaras dengan tuntutan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan literasi digital (Y. Li et al., 2020; Saseendran & Thomas, 2025a; Wang et al., 2022a).

Pada jenjang sekolah dasar, pembelajaran STEM memiliki potensi besar dalam menumbuhkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Higher-Order Thinking Skills/HOTS), literasi sains, serta keterampilan 4C (critical thinking, creativity, collaboration, dan communication). Melalui aktivitas berbasis proyek, eksperimen, dan desain rekayasa sederhana, siswa tidak hanya memahami konsep sains secara konseptual, tetapi juga mampu menerapkannya dalam konteks kehidupan sehari-hari (Siregar et al., 2023). Sejumlah studi menunjukkan bahwa pembelajaran STEM di sekolah dasar dapat meningkatkan pemahaman konseptual, keterlibatan belajar, dan kemampuan pemecahan masalah siswa secara signifikan (Campbell & Speldewinde, 2022; Thibaut et al., 2018).

Meskipun demikian, keberhasilan implementasi STEM tidak hanya ditentukan oleh penggunaan aktivitas atau media pembelajaran, tetapi sangat bergantung pada kemampuan guru dalam merancang pembelajaran yang terintegrasi secara pedagogis dan selaras dengan tujuan kurikulum. Dalam konteks ini, kerangka Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) menjadi landasan konseptual yang penting. TPACK menekankan keterpaduan antara pengetahuan konten, strategi pedagogis, dan pemanfaatan teknologi dalam proses pembelajaran, yang dikaitkan dengan peningkatan kompetensi abad ke-21 seperti keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, dan kreativitas (Dolgopolovas, V., Dagiene, 2024; Mansour et al., 2024; Schmid et al., 2024).

Penelitian empiris menunjukkan bahwa guru dengan tingkat TPACK yang baik cenderung lebih mampu memanfaatkan teknologi secara efektif untuk merancang pengalaman pembelajaran STEM yang bermakna dan berpusat pada siswa, sementara peningkatan TPACK melalui program pendidikan profesional terbukti memperkuat integrasi teknologi dan pedagogi dalam praktik pembelajaran (Sonsupap et al., 2024)

Dalam konteks pendidikan di Indonesia, implementasi pembelajaran STEM berbasis TPACK masih menghadapi berbagai tantangan. Kendala yang sering dilaporkan meliputi keterbatasan kompetensi pedagogis guru, minimnya pelatihan profesional yang berkelanjutan, keterbatasan sumber belajar terintegrasi STEM, serta belum optimalnya dukungan kebijakan (Rohmah, Widodo, & Rochintaniawati, 2022; Suryawati, Osman, et al., 2020). Akibatnya, pembelajaran STEM di sekolah dasar sering kali masih bersifat parsial dan belum sepenuhnya mengintegrasikan unsur teknologi, pedagogi, dan konten secara holistik.

Meskipun penelitian terkait pembelajaran STEM dan TPACK telah berkembang pesat dalam satu dekade terakhir, sebagian besar studi masih berfokus pada penelitian empiris individual, baik berupa eksperimen, survei, maupun studi pengembangan media. Hingga saat ini, masih terbatas kajian *Systematic Literature Review* (SLR) yang secara khusus memetakan bagaimana pembelajaran STEM diintegrasikan melalui pendekatan TPACK pada jenjang sekolah dasar, terutama dalam kaitannya dengan capaian hasil belajar seperti HOTS, literasi sains, dan keterampilan abad ke-21.

Temuan ini didukung oleh literatur ilmiah terbaru yang menunjukkan bahwa *systematic literature review* (SLR) memiliki peran penting dalam mensintesis bukti penelitian, mengidentifikasi celah riset, serta membantu merumuskan arah penelitian dan kebijakan pendidikan berbasis bukti (*evidence-based*). Studi terkini mencatat bahwa pendekatan SLR yang sistematis, transparan, dan terstandarisasi memungkinkan peneliti untuk mengintegrasikan temuan-temuan empiris dari berbagai sumber secara komprehensif, sehingga menghasilkan sintesis yang dapat menjadi dasar keputusan akademik maupun kebijakan Pendidikan (Ghamrawi et al., 2021). SLR juga sangat efektif dalam memetakan gap penelitian untuk mengarahkan agenda penelitian lanjutan serta rekomendasi kebijakan yang lebih akurat dan terukur (Utari, 2024)

Copyright © 2026 The Author(s)

Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan tinjauan literatur sistematis terhadap studi-studi empiris yang membahas integrasi pembelajaran STEM dalam pendekatan TPACK pada pendidikan sekolah dasar. Tinjauan ini diharapkan dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai tren penelitian, strategi implementasi, tantangan yang dihadapi guru, serta implikasinya terhadap pengembangan hasil belajar siswa. Hasil SLR ini diharapkan menjadi rujukan bagi peneliti, pendidik, dan pembuat kebijakan dalam merancang pembelajaran STEM yang lebih efektif dan berkelanjutan di sekolah dasar.

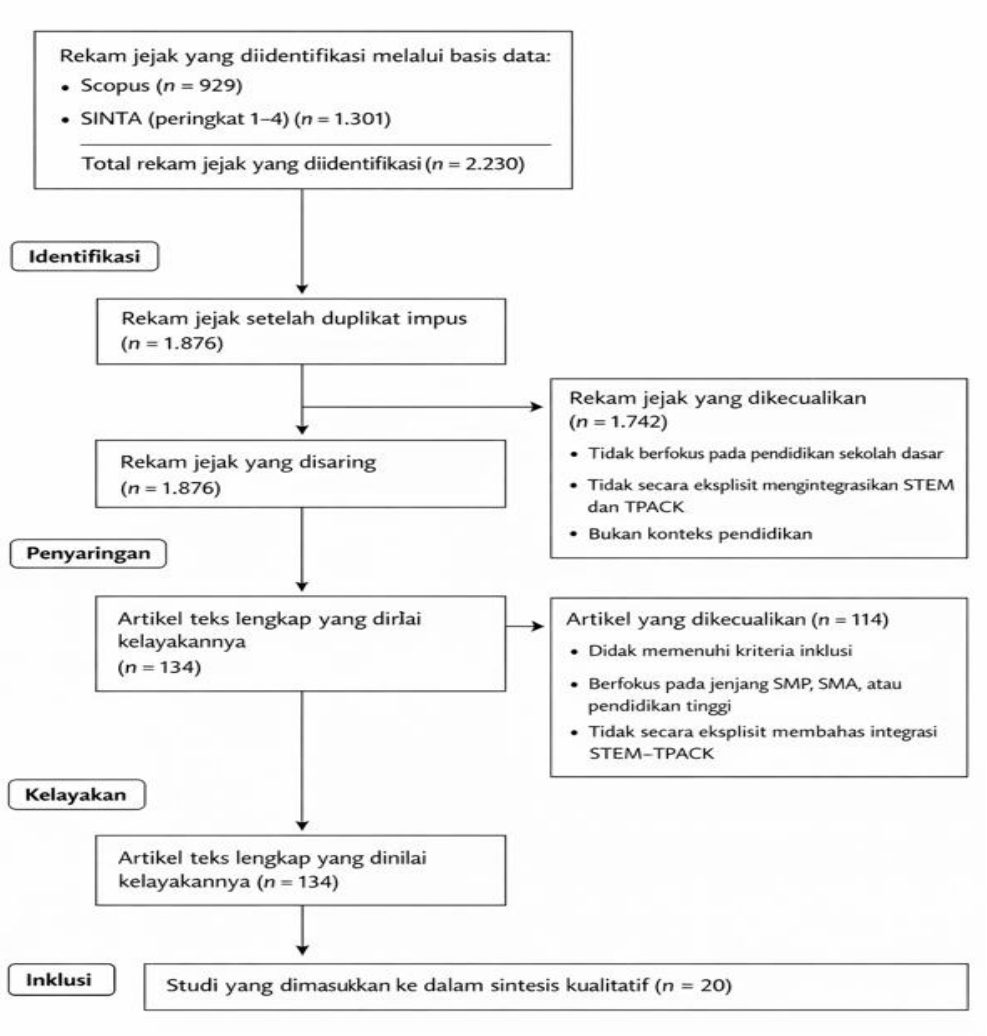
Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) untuk mengkaji secara komprehensif integrasi pembelajaran berorientasi STEM dalam pendekatan Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) pada jenjang sekolah dasar. Metode SLR dipilih karena prosedurnya yang sistematis, transparan, dan dapat direplikasi, sehingga mampu mensintesis temuan penelitian serta memetakan tren maupun celah riset secara menyeluruh. Studi-studi SLR sebelumnya menunjukkan bahwa pendekatan ini sangat efektif dalam merangkum bukti empiris pendidikan dan teknologi pembelajaran, serta mendukung dasar pengambilan keputusan akademik maupun kebijakan pendidikan (Kadir et al., 2025; S. Li et al., 2024).

Pelaksanaan SLR dalam penelitian ini mengikuti pedoman PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) yang menekankan kejelasan dan keterlacakan proses identifikasi, penyaringan, kelayakan, dan inklusi artikel (Page et al., 2021). Tahap awal penelitian diawali dengan perumusan pertanyaan penelitian yang berfokus pada: (1) tren penelitian terkait integrasi pembelajaran STEM dalam pendekatan TPACK di sekolah dasar, (2) kontribusi pembelajaran STEM berbasis TPACK terhadap hasil belajar siswa, dan (3) tantangan implementasi yang dihadapi guru dalam penerapan pembelajaran tersebut.

Kriteria inklusi dan eksklusi ditetapkan untuk menjamin relevansi dan kualitas artikel yang ditelaah. Kriteria inklusi meliputi: (1) artikel jurnal *peer-reviewed*, (2) dipublikasikan pada rentang tahun 2015-2025, (3) ditulis dalam bahasa Inggris atau Bahasa Indonesia, (4) secara eksplisit membahas pembelajaran STEM dan pendekatan TPACK, serta (5) berfokus pada konteks pendidikan sekolah dasar. Artikel yang disertakan berasal dari jurnal terindeks Scopus atau jurnal nasional terakreditasi minimal SINTA 4. Adapun kriteria eksklusi mencakup studi yang berfokus pada jenjang pendidikan menengah, vokasi, atau pendidikan tinggi, serta artikel yang hanya menyebutkan STEM atau TPACK tanpa membahas integrasi keduanya dalam pembelajaran.

Proses penelusuran literatur dilakukan secara terarah pada basis data Scopus serta jurnal nasional terakreditasi SINTA 1–4, sehingga proses identifikasi, penyaringan, dan evaluasi kualitas artikel dapat dilakukan secara lebih sistematis dan terkontrol. Pencarian literatur menggunakan kombinasi kata kunci yang dikaitkan dengan operator Boolean, antara lain: *"STEM education"*, *"STEM-based learning"*, *"TPACK"*, *"elementary school"*, *"primary education"*, *"science learning"*, dan *"technology integration"*. Strategi pencarian ini dirancang untuk memperoleh cakupan literatur yang luas namun tetap relevan dengan fokus penelitian (Booth et al., 2016)



Gambar 1. Prisma Flow Diagram

Berdasarkan proses identifikasi awal, diperoleh sebanyak 2.230 artikel yang berpotensi relevan, yang terdiri atas 929 artikel dari database Scopus dan 1.301 artikel dari jurnal nasional terakreditasi SINTA peringkat 1-4. Setelah dilakukan penghapusan artikel duplikat, tersisa 1.876 artikel yang kemudian diseleksi berdasarkan judul dan abstrak. Pada tahap ini, sebanyak 1.742 artikel dikeluarkan karena tidak berfokus pada pendidikan sekolah dasar, tidak secara eksplisit membahas integrasi pembelajaran STEM dan pendekatan TPACK, atau tidak berada dalam konteks pendidikan. Selanjutnya, 134 artikel ditelaah melalui proses *full-text review*. Dari jumlah tersebut, 114 artikel dieliminasi karena tidak memenuhi kriteria inklusi, seperti berfokus pada jenjang pendidikan menengah atau pendidikan tinggi, tidak membahas integrasi STEM -TPACK secara eksplisit, atau tidak memenuhi kualitas metodologis yang ditetapkan. Dengan demikian, sebanyak 20 artikel memenuhi seluruh kriteria inklusi dan dianalisis lebih lanjut dalam *systematic literature review* ini, sebagaimana ditunjukkan pada Diagram Alir PRISMA (Gambar 1).

Artikel terpilih dianalisis menggunakan kerangka ekstraksi data terstruktur yang mencakup penulis dan tahun publikasi, tujuan dan metode penelitian, konteks pendidikan, fokus STEM, komponen TPACK, serta temuan utama, dengan mengacu pada pedoman Okoli dan Schabram (2010). Data dianalisis menggunakan analisis tematik untuk mengidentifikasi pola dan kecenderungan temuan, yang menghasilkan tema utama terkait kontribusi STEM–TPACK terhadap keterampilan berpikir tingkat tinggi dan literasi sains, kesiapan guru, strategi pedagogis, serta hambatan implementasi (Siddaway et al., 2019)).

Copyright © 2026 The Author(s)

Untuk menjaga keabsahan dan objektivitas, seleksi dan analisis artikel dilakukan oleh dua penelaah secara independen, disertai teknik *citation chaining* dan penilaian kualitas artikel berdasarkan pedoman PRISMA 2020. Melalui prosedur ini, penelitian diharapkan memberikan gambaran yang kredibel mengenai integrasi pembelajaran STEM berbasis TPACK di sekolah dasar serta menjadi rujukan bagi penelitian lanjutan, pelatihan guru, dan kebijakan pendidikan.

Hasil

Penelitian ini menelaah 20 artikel jurnal ilmiah yang membahas integrasi pembelajaran berorientasi STEM dalam pendekatan *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) pada jenjang sekolah dasar. Artikel-artikel yang direviu dipublikasikan pada rentang tahun 2015–2025 dan berasal dari jurnal internasional terindeks Scopus serta jurnal nasional terakreditasi SINTA (minimal SINTA 4). Proses seleksi artikel dilakukan secara sistematis mengikuti alur PRISMA 2020, meliputi tahap identifikasi, penyaringan, uji kelayakan, dan inklusi akhir.

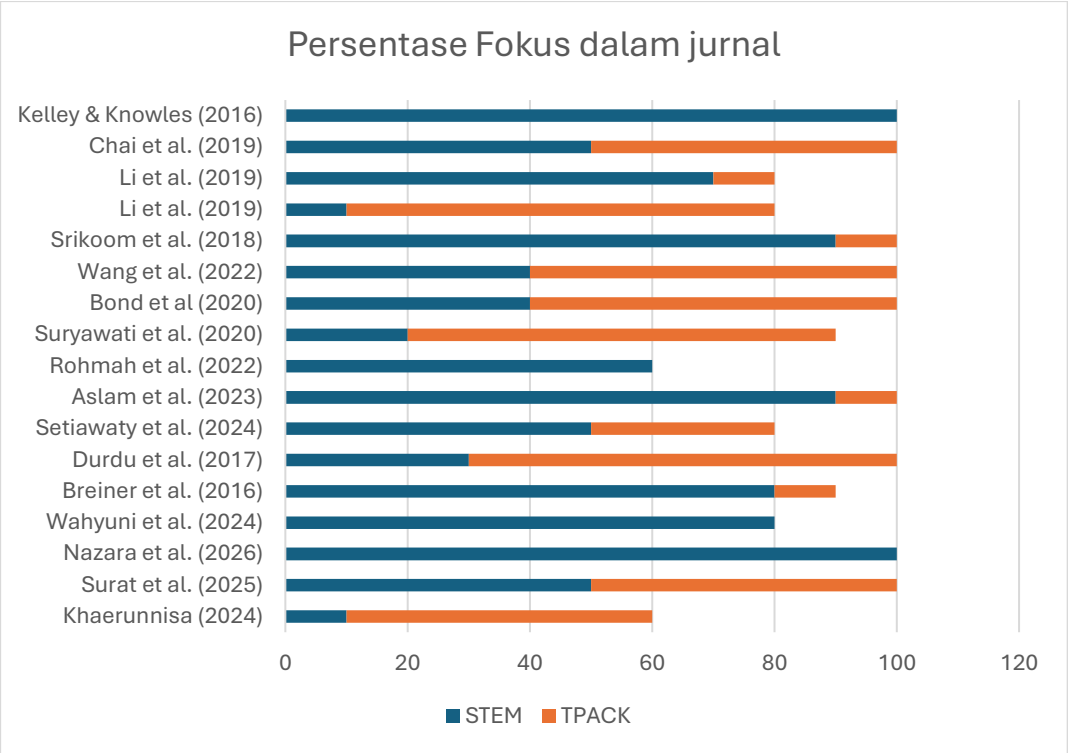
Setiap artikel dianalisis berdasarkan konteks implementasi pembelajaran STEM, komponen TPACK yang dikaji, temuan ilmiah utama, serta tingkat akreditasi jurnal. Sintesis ini bertujuan untuk memetakan kecenderungan penelitian, kekuatan temuan empiris, serta kesenjangan riset terkait penerapan STEM berbasis TPACK di sekolah dasar.

Tabel 1. Karakteristik Artikel dalam Kajian *Systematic Literature Review*

No	Judul Artikel	Penulis & Tahun	Fokus STEM	Fokus TPACK	Indeksasi	Temuan Utama
1	STEM Education in Primary Schools: A Review	Thibaut et al. (2018)	Integrasi STEM	Full TPACK	Scopus	STEM efektif jika pedagogi terstruktur
2	STEM-Oriented Teaching and Teacher Knowledge	Kelley & Knowles (2016)	Engineering-based STEM	PCK–TPK	Scopus	Guru membutuhkan integrasi pedagogi dan teknologi
3	Teachers' TPACK in STEM Education	Chai et al. (2019)	STEM digital	Full TPACK	Scopus	TPACK memprediksi kualitas desain STEM
4	STEM-Based Learning in Primary Science	Li et al. (2020)	STEM IPA SD	TCK	Scopus	Literasi sains meningkat
5	Integrated STEM Education: A Meta-Synthesis	Li, Froyd & Wang (2019)	Interdisciplinary STEM	PK–CK	Scopus	Integrasi disiplin STEM berdampak signifikan
6	STEM Project-Based Learning	Srikoom et al. (2018)	PjBL–STEM	TPK	Scopus	HOTS meningkat signifikan

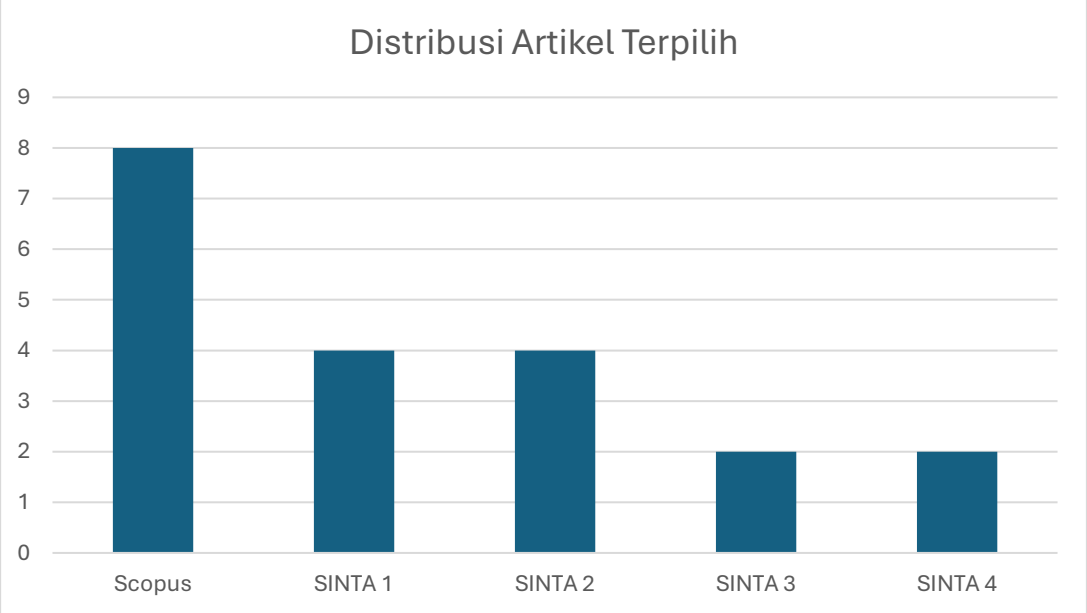
7	STEM Learning and HOTS	Wang et al. (2022)	STEM problem-solving	TPK	Scopus	Dampak positif pada HOTS
8	Technology Integration in STEM	Bond et al. (2020)	Digital STEM	TK–PK	Scopus	Mindset guru berpengaruh
9	Implementasi STEM di SD Indonesia	Suryawati et al. (2020)	STEM IPA	PK	SINTA 1	Implementasi STEM masih parsial
10	STEM dan Literasi Sains SD	Rohmah et al. (2022)	STEM kontekstual	CK–PK	SINTA 1	Literasi sains meningkat
11	Teacher Readiness for STEM	Aslam et al. (2023)	STEM pedagogy	PK–TPK	SINTA 1	Kesiapan guru faktor kunci
12	STEM Learning with AR	*Setiawaty* et al (2024)	STEM task design	CK - PK	SINTA 1	Desain tugas menentukan hasil
13	TPACK in Primary STEM Education	Durdu & Dag (2017)	STEM + ICT	TPACK	SINTA 2	TPACK guru masih rendah
14	STEM Curriculum Integration in Primary Education	Breiner et al. (2016)	STEM framework	CK	SINTA 2	Mendukung kompetensi abad ke-21
15	STEM-Based Inquiry Learning	Wahyuni et al. (2024)	STEM inkuiri	TPACK	SINTA 2	Keterlibatan siswa meningkat
16	STEM - Learning Outcomes	Nazara et al. (2026)	STEM	STEM IPA	SINTA 2	Calon Guru dapat meningkat literasi sains
17	TPACK and Cores with AR	Sura et al. (2025)	STEM IPA SD	TPACK	SINTA 3	Konsep lebih kontekstual
18	TPACK on Science Learning	Khaerunnisa et al. (2024)	TPACK	Full TPACK	SINTA 3	Guru dapat meningkatkan kemampuan literasi siswa
19	STEM, TPACK, and 4C Skills Development	Abda et al. (2024)	STEM IPA	STEM	SINTA 4	Keterampilan 4C berkembang
20	STEM-Oriented Science Learning	Hoerunnisa Et al (2021)	STEM IPA	STEM - TCK–TPK	SINTA 4	Pemecahan masalah meningkat

Copyright © 2026 The Author(s)



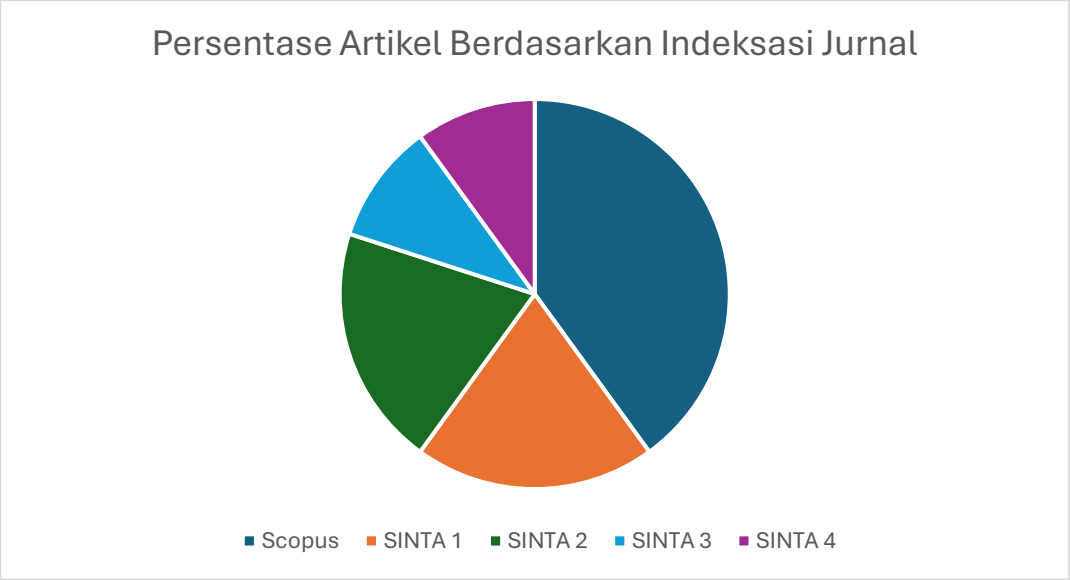
Gambar 2. Persentase Fokus STEM dan TPACK dalam jurnal

Berdasarkan tinjauan terhadap 20 artikel jurnal ilmiah yang membahas integrasi pembelajaran berorientasi STEM dalam pendekatan *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) pada jenjang sekolah dasar, diperoleh sejumlah temuan empiris yang menunjukkan kecenderungan pola implementasi dan capaian pembelajaran. Artikel-artikel yang direviu berasal dari jurnal internasional terindeks Scopus dan jurnal nasional terakreditasi SINTA (minimal SINTA 4), serta dipublikasikan pada rentang tahun 2015–2025. Proses seleksi artikel dilakukan secara sistematis mengikuti alur PRISMA 2020.



Gambar 3. Distribusi Artikel Terpilih

Gambar 3 menunjukkan distribusi artikel terpilih berdasarkan indeksasi publikasi. Artikel terindeks Scopus mendominasi dengan 8 artikel, diikuti oleh jurnal SINTA 1 dan SINTA 2 masing-masing 4 artikel, sedangkan SINTA 3 dan SINTA 4 masing-masing menyumbang 2 artikel. Distribusi ini menunjukkan bahwa kajian STEM dan TPACK masih didominasi oleh publikasi internasional, sekaligus membuka peluang peningkatan kontribusi jurnal nasional pada bidang tersebut.



Gambar 4. Persentase Artikel yang direviu

Hasil sintesis menunjukkan bahwa pembelajaran STEM pada jenjang sekolah dasar umumnya diimplementasikan melalui pendekatan berbasis proyek, pemecahan masalah, dan inkuiri yang mengintegrasikan konsep sains, teknologi, rekayasa, dan matematika secara kontekstual. Sejumlah studi mutakhir melaporkan bahwa desain pembelajaran STEM yang berorientasi pada aktivitas siswa dan pemecahan masalah autentik berkontribusi pada peningkatan keterlibatan belajar, pemahaman konseptual, serta kemampuan berpikir tingkat tinggi, khususnya dalam pembelajaran IPA di sekolah dasar (Rohmah, Widodo, & Rochintaniawati, 2022; Wahyuni et al., 2024; Wang et al., 2022a). Selain itu, pembelajaran STEM berbasis tugas dan proyek juga terbukti efektif dalam mendukung pengembangan literasi sains dan keterampilan abad ke-21 (M. I. Abda et al., 2024; Hoerunnisa et al., 2021).

Hasil kajian juga menegaskan bahwa keberhasilan implementasi pembelajaran STEM sangat berkaitan dengan tingkat penguasaan *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) guru. Studi-studi terbaru menunjukkan bahwa guru dengan penguasaan TPACK yang baik mampu merancang aktivitas STEM yang lebih bermakna, kontekstual, dan selaras dengan tujuan pembelajaran (Aslam et al., 2023; Setiawaty et al., 2024; Sura et al., 2025). Sebaliknya, keterbatasan penguasaan TPACK, terutama pada aspek integrasi teknologi dan pedagogi, menyebabkan pembelajaran STEM cenderung bersifat parsial dan belum optimal dalam meningkatkan kualitas hasil belajar siswa (Khaerunnisa et al., 2024; Nazara, Firdaus, Sayekti, & Hidayat, 2026; Suryawati, Osman, et al., 2020)

Lebih lanjut, hasil sintesis menunjukkan adanya variasi konteks implementasi STEM-TPACK antarnegara dan antarlevel indeksasi publikasi. Dalam konteks Indonesia, beberapa penelitian melaporkan bahwa implementasi STEM masih menghadapi kendala berupa keterbatasan sumber belajar, kesiapan guru, serta dukungan institusional yang belum merata (Aslam et al., 2023; Rohmah, Widodo, & Riandi., 2022; Suryawati, Suzanti, et al., 2020)).

Copyright © 2026 The Author(s)

Sebaliknya, penelitian internasional menunjukkan bahwa integrasi STEM–TPACK yang didukung oleh desain pedagogis yang matang dan pemanfaatan teknologi secara optimal cenderung menghasilkan pembelajaran yang lebih konsisten dan berkelanjutan (Bond et al., 2020; Wang et al., 2022a)

Pembahasan

Hasil tinjauan literatur sistematis ini menunjukkan bahwa integrasi pembelajaran berorientasi STEM melalui pendekatan *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas pembelajaran di sekolah dasar. Secara umum, studi-studi yang direviu menegaskan bahwa pembelajaran STEM mendorong keterlibatan belajar yang lebih tinggi, pemahaman konseptual yang lebih mendalam, serta pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan literasi sains siswa. Hal ini terjadi karena STEM memfasilitasi pembelajaran kontekstual yang mengaitkan konsep lintas disiplin dengan permasalahan nyata, sehingga siswa tidak hanya memahami konsep secara deklaratif, tetapi juga mampu menerapkannya dalam situasi autentik.

Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian internasional terbaru yang menunjukkan bahwa efektivitas implementasi STEM sangat ditentukan oleh kualitas desain pedagogis dan keterlibatan aktif siswa dalam proses pemecahan masalah. Misalnya, studi oleh (Wang et al., 2022a) menegaskan bahwa pembelajaran STEM yang dirancang secara sistematis meningkatkan keterampilan problem solving dan berpikir kritis siswa, sementara penelitian oleh (Aslam et al., 2023) menemukan bahwa kesiapan pedagogis guru dalam merancang pengalaman inquiry-based STEM secara signifikan memengaruhi partisipasi dan hasil belajar siswa. Selain itu, hasil kajian oleh (Setiawaty et al., 2024) menunjukkan bahwa desain tugas dan strategi pengajaran yang mendukung keterlibatan aktif siswa merupakan faktor penting dalam memperkuat pencapaian tujuan pembelajaran STEM.

Dalam konteks sekolah dasar, pendekatan STEM yang terintegrasi memungkinkan siswa mengembangkan pemahaman konseptual secara bertahap melalui eksplorasi, kolaborasi, dan refleksi. Namun demikian, literatur juga menunjukkan bahwa keberhasilan pembelajaran STEM tidak terjadi secara otomatis, melainkan sangat bergantung pada kompetensi guru dalam mengintegrasikan konten, pedagogi, dan teknologi secara selaras.

Dalam hal ini, TPACK muncul sebagai faktor penentu yang menjembatani antara potensi STEM dan praktik pembelajaran di kelas. Sejumlah studi menunjukkan bahwa guru dengan tingkat penguasaan TPACK yang baik cenderung mampu merancang pembelajaran STEM yang lebih bermakna dan berorientasi pada proses berpikir siswa (Chai et al., 2019; Koh et al., 2022). Sebaliknya, keterbatasan penguasaan TPACK, terutama pada aspek integrasi teknologi dan pedagogi yang sering kali menyebabkan pembelajaran STEM diterapkan secara parsial dan masih berpusat pada guru. Temuan ini memperkuat pandangan (Koehler & Mishra, 2009) bahwa TPACK merupakan bentuk pengetahuan integratif yang bersifat dinamis dan tidak dapat dikembangkan melalui pelatihan teknis semata.

Perbandingan lintas konteks menunjukkan adanya kesenjangan yang cukup jelas antara implementasi STEM–TPACK di negara maju dan negara berkembang. Studi di Singapura dan Australia melaporkan bahwa pembelajaran STEM dapat diimplementasikan secara lebih konsisten ketika didukung oleh kebijakan pendidikan yang jelas, pengembangan profesional guru yang berkelanjutan, serta budaya kolaborasi di sekolah (English, 2016; Koh et al., 2022). Sebaliknya, penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa keterbatasan sumber daya, minimnya pelatihan terstruktur, serta belum optimalnya integrasi STEM dalam kurikulum menjadi hambatan utama dalam penerapan pembelajaran STEM berbasis TPACK (Suryawati, Osman and

Meerah, 2020; Rohmah, Widodo and Rochintaniawati, 2022, Utami, Widodo and Riandi., 2023). Perbedaan ini menegaskan bahwa inovasi pembelajaran tidak hanya bergantung pada kesiapan individu guru, tetapi juga pada kesiapan sistem pendidikan secara keseluruhan.

Dari sudut pandang implikasi praktis, hasil kajian ini menunjukkan bahwa upaya peningkatan kualitas pembelajaran STEM di sekolah dasar perlu diarahkan pada penguatan kompetensi TPACK guru secara berkelanjutan. Pelatihan guru sebaiknya tidak hanya berfokus pada pengenalan konsep STEM, tetapi juga pada bagaimana merancang pengalaman belajar yang memadukan pedagogi, konten, dan teknologi secara kontekstual. Selain itu, dukungan kebijakan dan penyediaan sumber belajar yang relevan menjadi prasyarat penting agar pembelajaran STEM tidak berhenti pada level inovasi individual, melainkan berkembang menjadi praktik institusional yang berkelanjutan.

Meskipun demikian, temuan dalam penelitian ini perlu dipahami dengan mempertimbangkan sejumlah keterbatasan. Tinjauan ini hanya mencakup artikel yang terindeks Scopus dan jurnal nasional terakreditasi SINTA, sehingga masih dimungkinkan adanya studi relevan lain di luar cakupan indeksasi tersebut yang belum terakomodasi. Selain itu, variasi konteks penelitian, desain metodologis, serta indikator hasil belajar yang digunakan dalam artikel-artikel yang direviu membatasi tingkat generalisasi temuan secara luas. Sebagai kajian berbasis literatur, penelitian ini juga tidak menyajikan bukti empiris langsung dari implementasi pembelajaran di kelas. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu diarahkan pada studi empiris yang menguji secara langsung efektivitas pembelajaran STEM berbasis TPACK di sekolah dasar dengan desain metodologis yang lebih beragam, termasuk pendekatan longitudinal dan mixed methods. Penelitian di masa depan juga dapat mengeksplorasi model pembelajaran STEM yang lebih berpusat pada siswa, seperti inquiry-based learning dan project-based learning, serta mengkaji dampaknya terhadap pengembangan keterampilan abad ke-21 secara lebih mendalam. Dengan demikian, integrasi STEM-TPACK tidak hanya dipahami sebagai kerangka teoretis, tetapi juga berkontribusi nyata terhadap transformasi praktik pembelajaran di sekolah dasar.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil *Systematic Literature Review* (SLR) yang dilakukan terhadap 20 artikel ilmiah, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran berorientasi STEM memiliki peranan penting sebagai pendekatan pedagogis yang potensial untuk meningkatkan kualitas pembelajaran di sekolah dasar ketika diintegrasikan melalui pendekatan *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK). Temuan sintesis menunjukkan bahwa pembelajaran STEM berkontribusi pada peningkatan keterlibatan belajar, pemahaman konseptual, serta pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan literasi sains siswa, namun efektivitasnya sangat bergantung pada kompetensi TPACK guru dan kesiapan konteks pembelajaran. Implementasi STEM yang hanya berfokus pada aktivitas atau konten tanpa integrasi pedagogis dan teknologi yang bermakna cenderung menghasilkan dampak yang terbatas dan tidak berkelanjutan.

Penelitian ini juga mengidentifikasi adanya variasi konteks dan keterbatasan sistemik, khususnya pada aspek pengembangan profesional guru dan dukungan institusional, sehingga temuan yang diperoleh tidak dapat digeneralisasikan secara universal. Meskipun demikian, penelitian ini telah memajukan pengetahuan ilmiah dengan menyintesis temuan-temuan yang sebelumnya terfragmentasi menjadi pemahaman konseptual yang lebih koheren mengenai hubungan antara pembelajaran STEM dan pendekatan TPACK pada pendidikan sekolah dasar, serta menegaskan bahwa integrasi STEM perlu ditempatkan sebagai bagian inheren dari desain pembelajaran dan kurikulum, bukan sebagai inovasi pedagogis yang berdiri sendiri.

Copyright © 2026 The Author(s)

References

Abda, M. I., Zain, A., Halim, F. A., Tuti, S., Amri, M., & Kurniawan, A. (2024). *Effectiveness of the STEM based TPACK Learning Model on Students 21 Century Skills in Indonesia*. *8*(1), 782–791.

Abda, M., Lestari, I., & Hidayat, T. (2024). STEM, TPACK, and 4C skills development. , 12(2). *Jurnal Pendidikan Sains*, *12*(2), 98–108. https://doi.org/https://doi.org/10.26740/jps.v12n2.p98-108

Aslam, M., Sumarni, W., & Susilaningsih, E. (2023). Teacher readiness in implementing STEM-based learning. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, *12*(2), 215–224. https://doi.org/https://doi.org/10.15294/jpii.v12i2.41192

Bond, M., O., Z.-R., & Nichols, M. (2020). Revisiting five decades of educational technology research: A content and authorship analysis. *British Journal of Educational Technology*, *51*(1), 12–27. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/bjet.12879

Booth, A., Sutton, A., & Papaioannou, D. (2016). *Systematic approaches to a successful literature review* (2nd ed.). SAGE Publications.

Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2016). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM education. , 3(1), 3. *International Journal of STEM Education*, *3*(1), 1. https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40594-016-0043-2

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.

Campbell, C., & Speldewinde, C. (2022). *Early Childhood STEM Education for Sustainable Development*. Sustainability. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su14063524.

Chai, C. S., Jong, M. S. Y., Yin, H. B., Chen, M., & Zhou, W. (2019). Validating and modelling teachers' technological pedagogical content knowledge for integrative science, technology, engineering and mathematics education. *Educational Technology & Society*, *22*(3), 61–73.

Dolgopolovas, V., Dagiene, V. (2024). Competency-based TPACK approaches to computational thinking and integrated STEM: A conceptual exploration. *Computer Applications in Engineering Education*, *32*. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/cae.22788

Durdu, L., & & Dag, F. (2017). Pre-service teachers' TPACK development and conceptions through a TPACK-based course. *Australian Journal of Teacher Education*, *42*(11), 150–171. https://doi.org/https://doi.org/10.14221/ajte.2017v42n11.10

English, L. D. (2016). STEM education K–12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, *3*(3), 1–8. https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1

Ghamrawi, N., Ghamrawi, N. A. R., Shal, T., & Abu-Tineh, A. (2021). European Journal of Educational Research. *European Journal of Educational Research*, *14*(2), 549–566. https://doi.org/https://doi.org/10.12973/eu-jer.14.2.549

Hoerunnisa, E., Widodo, A., & Riandi. (2021). STEM-oriented science learning to improve problem-solving skills. *Jurnal Pendidikan IPA*, *10*(1), 23–31. https://doi.org/https://doi.org/10.15294/jpii.v10i1.28745

Kadir, S. F., Arifin, A. N., & Ahqaf, N. A. (2025). *TPACK Dalam Pembelajaran Sains Abad 21 : Systematic Literature Review*. *10*, 547–556.

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, *3*(1), 11. https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z

Khaerunnisa, A., Suryani, N., & Nugroho, S. E. (2024). TPACK in science learning: A systematic review. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, *10*(2), 134–146. https://doi.org/https://doi.org/10.21831/jipi.v10i2.57431

Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering (EBSE Technical Report)*. Keele University & Durham University.

Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). *What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*. *9*(1), 60–70.

Koh, J. H. L., Chai, C. S., & Lim, W. Y. (2022). Teacher professional development for TPACK-integrated STEM instruction. *Computers & Education*, *180*, 104431.

https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104431

Li, S., Zhu, B., & Yu, Z. (2024). The Impact of Cue-Interaction Stimulation on Impulse Buying Intention on Virtual Reality Tourism E-commerce Platforms. *Journal of Travel Research*, *63*(5), 1256–1279. https://doi.org/10.1177/00472875231183163

Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, *7*(11), 1–16. https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6

Mansour, N., Said, Z., Çevik, M., & Abu-Tineh, A. (2024). Science and Mathematics Teachers' Integration of TPACK in STEM Subjects in Qatar: A Structural Equation Modeling Study. *Education Sciences*. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/educsci14101138

Nazara, R. G., Firdaus, F. M., Sayekti, O. M., Hidayat, P., Fatimah, W. S., & Adiningsih, Z. D. (2026). The Effect of the STEM-Based 5E Learning Cycle Model on Science Literacy and Learning Outcomes of Elementary Teacher Education Students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *12*(1), 282–291. https://doi.org/https://doi.org/10.29303/jppipa.v12i1.13617

Okoli, C., & Schabram, K. (2010). A guide to conducting a systematic literature review of information systems research. *Sprouts: Working Papers on Information Systems*, *10*(26), 1–49.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, *372*, n71. https://doi.org/https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Rohmah, N., Widodo, A., & Rochintaniawati, D. (2022). Pembelajaran STEM kontekstual untuk meningkatkan literasi sains siswa sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, *11*(2), 287–296. https://doi.org/https://doi.org/10.15294/jpii.v11i2.34321

Saseendran, A., & Thomas, M. V. (2025a). *Design thinking in science and integrated STEM / STEAM education : Trends , challenges , and future directions from a systematic review*. *5*(September), 1058–1101. https://doi.org/10.3934/steme.2025046

Schmid, M., Brianza, E., Yee, S., & Petko, D. (2024). *Computers & Education Running in circles : A systematic review of reviews on technological pedagogical content knowledge (TPACK)*. *214*(December 2023), 1–18.

Setiawaty, R., Suryani, E., & Kurniawan, D. (2024). STEM learning with augmented reality: Task design and learning outcomes. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, *13*(1), 88–98. https://doi.org/https://doi.org/10.15294/jpii.v13i1.46301

Siddaway, A. P., Wood, A. M., & Hedges, L. V. (2019). How to do a systematic review: A best practice guide. *Annual Review of Psychology*, *70*, 747–770. https://doi.org/https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102803

Siregar, A. P. A., Qoyyimah, N. D., Surayya, A., Nasution, S. Y. N. F., & Siregar, D. Y. (2023). Pengaruh Magang Pendidikan Terhadap Pengembangan Kompetensi Mahasiswa. *Guruku: Jurnal Pendidikan Dan Sosial Humaniora*, *2*(1), 81–89. https://doi.org/10.59061/guruku.v2i1.567

Sonsupap, K., Cojorn, K., & Sitti, S. (2024). The Effects of Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) on Students' Scientific Competency. *Journal of Education and Learning*. https://doi.org/https://doi.org/10.5539/jel.v13n5p91

Srikoom, W., Hanuscin, D. L., & Faikhamta, C. (2018). Supporting in-service teachers' implementation of STEM project-based learning. *Journal of Science Education International*, *40*(14), 1630–1654. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1485058

Sura, R., Handayani, S., & Prasetyo, Z. K. (2025). TPACK and augmented reality in elementary science learning. *Pedagogi Hayati*, *9*(1), 45–56. https://doi.org/https://doi.org/10.31629/ph.v9i1.5123

Suryawati, E., Osman, K., & Meerah, T. S. M. (2020). The effectiveness of STEM-based learning on students' scientific literacy skills. *Journal of Baltic Science Education*, *19*(1), 21–35. https://doi.org/https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.21

Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., & Depaepe, F. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education*, *3*(1), 1–12. https://doi.org/https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525

Copyright © 2026 The Author(s)

Utami, W., Widodo, A., & Riandi. (2023). Implementasi pembelajaran STEM pada IPA sekolah dasar: Tantangan dan peluang. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, *9*(1), 45–56. https://doi.org/https://doi.org/10.21831/jipi.v9i1.56678

Utari, R. (2024). *Systematic Literature Review on Eco-literacy Learning in the Lower Grades of Elementary School*. *13*(1), 1–14.

van Laar, E., van Deursen, A. J. A. M., van Dijk, J. A. G. M., & de Haan, J. (2017). The relation between 21st-century skills and digital skills: A systematic literature review. *Computers in Human Behavior*, *72*, 577–588. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.03.010

Wahyuni, S., Sudira, P., & Sukardi. (2024). STEM-based inquiry learning to enhance student engagement. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, *12*(1), 1–13. https://doi.org/https://doi.org/10.24815/jpsi.v12i1.31045

Wang, H. H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2022). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, *12*(2), Article 3. https://doi.org/https://doi.org/10.7771/2157-9288.1294

Xiao, Y., & Watson, M. (2019). Guidance on conducting a systematic literature review. *Journal of Planning Education and Research*, *39*(1), 93–112. https://doi.org/https://doi.org/10.1177/0739456X17723971

.

.---Halaman ini sengaja dikosongkan---