

**IMPLEMENTASI STEM DI SEKOLAH DASAR DALAM MENGHADAPI
TANTANGAN PEMBELAJARAN DAN PENDEKATAN PENDIDIKAN ABAD KE 21****Pery Jayanto¹, Totok Victor Didik Saputro²**Pendidikan Biologi, Universitas Cipasung Tasikmalaya¹,Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Institut Shanti Bhuna²e-mail: perjayanto@uncip.ac.id

Diterima: 31/01/2026; Direvisi: 09/02/2026; Diterbitkan: 18/02/2026

ABSTRAK

Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) menjadi salah satu strategi pembelajaran yang direkomendasikan untuk menjawab tuntutan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi. Namun, implementasi STEM di sekolah dasar (SD) masih menghadapi berbagai tantangan, baik dari aspek guru, kurikulum, sarana prasarana, maupun karakteristik siswa. Artikel ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif tantangan implementasi STEM di sekolah dasar serta implikasinya terhadap proses pembelajaran. Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan pendekatan deskriptif-kualitatif. Tahapan penelitian meliputi: (1) penelusuran artikel ilmiah dari jurnal internasional dan nasional bereputasi yang dipublikasikan dalam tiga tahun terakhir (2022–2024); (2) seleksi artikel berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi; (3) analisis isi (*content analysis*) untuk mengidentifikasi tema-tema utama terkait tantangan implementasi STEM; serta (4) sintesis hasil penelitian untuk memperoleh pola temuan yang konsisten. Hasil kajian menunjukkan bahwa tantangan utama implementasi STEM di sekolah dasar meliputi keterbatasan pemahaman guru tentang konsep dan integrasi STEM, minimnya pelatihan profesional berkelanjutan, keterbatasan fasilitas dan media pembelajaran, serta kesulitan dalam mengintegrasikan STEM dengan kurikulum yang berlaku. Selain itu, perbedaan kesiapan siswa sekolah dasar juga memengaruhi efektivitas penerapan STEM. Artikel ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi pendidik dan pemangku kebijakan dalam merumuskan strategi penguatan implementasi STEM yang lebih efektif dan berkelanjutan di sekolah dasar.

Kata Kunci: Pendidikan Abad ke-21, Sekolah Dasar, STEM, Tantangan Pembelajaran**ABSTRACT**

The Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) approach has been widely recommended as an instructional strategy for addressing the demands of 21st-century skills, including critical thinking, creativity, collaboration, and communication. However, the implementation of STEM in elementary schools still faces various challenges related to teachers, curriculum, facilities, and students' characteristics. This article aims to comprehensively examine the challenges of implementing STEM in elementary schools and their implications for the learning process. This study employed a descriptive qualitative literature review. The research stages consisted of: (1) searching for articles from reputable national and international journals published within the last three years (2022–2024); (2) selecting articles based on predefined inclusion and exclusion criteria; (3) conducting content analysis to identify major themes related to STEM implementation challenges; and (4) synthesizing research findings to identify consistent patterns across studies. The results indicate that the main challenges include teachers' limited understanding of STEM concepts and integration, lack of continuous professional development, insufficient learning facilities and

media, and difficulties in aligning STEM with the existing curriculum. In addition, variations in elementary school students' readiness levels also affect the effectiveness of STEM implementation. This article is expected to serve as a reference for educators and policymakers in developing more effective and sustainable strategies for strengthening STEM implementation in elementary schools.

Keywords: *21st-century Education, Elementary School, STEM, Implementation Challenges*

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang pesat pada abad ke-21 menuntut dunia pendidikan untuk menyiapkan sumber daya manusia yang memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi dan adaptif terhadap perubahan global. Pendidikan saat ini tidak lagi hanya berfokus pada penguasaan pengetahuan faktual, tetapi juga pada pengembangan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, kolaborasi, dan literasi sains serta teknologi sejak jenjang pendidikan dasar (Atmojo et al., 2025; Hapsari et al., 2022; OECD, 2023). Keterampilan tersebut dipandang sebagai kompetensi esensial agar siswa mampu berpartisipasi secara produktif dalam kehidupan sosial dan dunia kerja di masa depan. Salah satu pendekatan pembelajaran yang dinilai relevan untuk menjawab tuntutan tersebut adalah *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM), yang menekankan integrasi lintas disiplin ilmu dalam pembelajaran kontekstual berbasis masalah dan pemecahan masalah nyata. Penelitian terkini menunjukkan bahwa pembelajaran STEM mampu meningkatkan keterlibatan belajar, kemampuan berpikir kritis, serta kreativitas siswa melalui pengalaman belajar yang autentik dan bermakna (English, 2022; Hewitt & Forcino, 2025; Li et al., 2023).

Pada jenjang sekolah dasar, implementasi STEM memiliki peran strategis karena menjadi fondasi awal dalam membentuk pola pikir ilmiah, rasa ingin tahu, serta sikap positif terhadap sains dan teknologi. Pembelajaran STEM yang dirancang melalui kegiatan eksploratif dan berbasis proyek memungkinkan siswa mengaitkan konsep-konsep akademik dengan kehidupan sehari-hari, sehingga mendukung perkembangan kognitif dan sosial siswa secara holistik (Kotsis, 2025; Küçükaydın & Ayaz, 2025; Pratama et al., 2025). Studi empiris di berbagai negara menunjukkan bahwa penerapan STEM sejak pendidikan dasar berkontribusi positif terhadap penguatan literasi sains dan matematika serta keterampilan kolaboratif siswa (Kelley & Knowles, 2016; Kurnia et al., 2025). Meskipun berbagai penelitian menunjukkan efektivitasnya, implementasi STEM di sekolah dasar masih menghadapi berbagai tantangan struktural dan pedagogis. Penelitian terbaru mengungkapkan bahwa kesiapan guru menjadi faktor kunci yang sering menjadi kendala, khususnya terkait pemahaman konseptual STEM, kemampuan mengintegrasikan keempat disiplin ilmu, serta keterampilan dalam merancang pembelajaran berbasis proyek dan pemecahan masalah (Li et al, 2025; Margot & Kettler, 2019; Thibaut et al., 2018). Selain itu, keterbatasan pelatihan profesional berkelanjutan dan dukungan kurikulum yang belum sepenuhnya fleksibel turut memengaruhi efektivitas penerapan STEM di sekolah dasar.

Tantangan lain yang tidak kalah penting adalah keterbatasan sarana dan prasarana pendukung pembelajaran STEM. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ketersediaan media pembelajaran, alat peraga, dan teknologi pendidikan masih menjadi kendala utama, terutama di sekolah dasar dengan sumber daya terbatas (Memari & Ruggles, 2025). Kondisi ini menyebabkan pembelajaran STEM belum dapat dilaksanakan secara optimal dan berkelanjutan. Selain faktor guru dan sarana prasarana, karakteristik siswa sekolah dasar yang berada pada tahap perkembangan kognitif operasional konkret juga menuntut strategi pembelajaran STEM yang sesuai. Perbedaan kemampuan, minat, dan latar belakang siswa

mengharuskan guru untuk merancang pembelajaran STEM yang adaptif dan inklusif agar tujuan pembelajaran dapat tercapai secara efektif (Peters-Burton et al., 2019; Rasyid et al., 2023; Slavin, 2024).

Berdasarkan uraian tersebut, kajian mengenai tantangan implementasi STEM di sekolah dasar menjadi penting untuk dilakukan. Artikel ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif berbagai tantangan implementasi STEM di sekolah dasar berdasarkan hasil penelitian tiga tahun terakhir, baik dari jurnal internasional maupun jurnal nasional bereputasi. Kajian ini juga berupaya mengidentifikasi pola temuan yang konsisten serta memetakan faktor-faktor kunci yang memengaruhi keberhasilan maupun hambatan implementasi STEM pada jenjang pendidikan dasar. Dengan demikian, kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoretis dan praktis bagi pengembangan kebijakan serta praktik pembelajaran STEM yang lebih efektif dan berkelanjutan di tingkat sekolah dasar.

Kebaruan penelitian ini terletak pada upaya menyajikan sintesis komprehensif dan mutakhir mengenai tantangan implementasi STEM di sekolah dasar dengan mengintegrasikan temuan penelitian dari jurnal internasional dan nasional bereputasi dalam kurun waktu tiga tahun terakhir (2022–2024). Berbeda dengan kajian sebelumnya yang cenderung menelaah tantangan STEM secara parsial atau terfokus pada satu dimensi tertentu, kajian ini menyajikan analisis multidimensional yang memetakan keterkaitan antar faktor secara sistematis. Selain itu, kajian ini secara khusus menempatkan konteks pendidikan dasar sebagai fokus utama analisis, sehingga memberikan gambaran yang lebih kontekstual mengenai kompleksitas implementasi STEM pada jenjang awal pendidikan. Dengan pendekatan tersebut, artikel ini tidak hanya memperkaya khazanah kajian teoretis STEM di sekolah dasar, tetapi juga menawarkan dasar konseptual yang relevan bagi pengambilan kebijakan dan perancangan praktik pembelajaran STEM yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur (*literature review*) dengan pendekatan deskriptif kualitatif. Metode ini dipilih karena bertujuan untuk mengkaji, menganalisis, dan mensintesis berbagai temuan penelitian terdahulu yang relevan dengan topik tantangan implementasi STEM di sekolah dasar. Studi literatur memungkinkan peneliti memperoleh gambaran yang komprehensif mengenai perkembangan kajian STEM, pola temuan penelitian, serta isu-isu utama yang muncul dalam praktik pembelajaran STEM pada jenjang pendidikan dasar. Melalui pendekatan ini, peneliti dapat mengidentifikasi kecenderungan temuan, kesenjangan penelitian, serta arah pengembangan implementasi STEM yang lebih efektif di sekolah dasar.

Sumber data dalam penelitian ini berupa artikel ilmiah yang diperoleh dari jurnal internasional dan jurnal nasional bereputasi. Artikel internasional diambil dari basis data bereputasi seperti *Scopus-indexed journals* dan *Web of Science*, melalui basis data seperti Google Scholar, ScienceDirect, SpringerLink, dan Taylor & Francis. Sementara itu, artikel nasional diperoleh dari jurnal terakreditasi SINTA (SINTA 1–SINTA 4) yang relevan dengan bidang pendidikan dasar dan pembelajaran STEM. Kriteria inklusi artikel meliputi: (1) artikel yang membahas implementasi atau pembelajaran STEM pada jenjang sekolah dasar atau pendidikan dasar; (2) artikel yang dipublikasikan dalam rentang tiga tahun terakhir, yaitu tahun 2022–2024; (3) artikel yang dipublikasikan pada jurnal internasional dan nasional bereputasi; serta (4) artikel yang dapat diakses secara penuh (*full text*). Artikel yang tidak relevan dengan konteks pendidikan dasar atau tidak membahas aspek implementasi STEM dikeluarkan dari analisis.

Penelusuran literatur dilakukan dengan menggunakan kata kunci dalam bahasa Inggris dan bahasa Indonesia. Kata kunci utama yang digunakan antara lain: “*STEM education*”, “*STEM implementation*”, “*STEM challenges*”, “*elementary school STEM*”, “*primary education STEM*”, serta padanan dalam bahasa Indonesia seperti “*pembelajaran STEM*”, “*implementasi STEM*”, dan “*sekolah dasar*”. Kata kunci tersebut dikombinasikan menggunakan operator Boolean (AND, OR) untuk memperluas dan mempersempit hasil pencarian. Hasil penelusuran awal menghasilkan sejumlah artikel yang kemudian diseleksi melalui tahap penyaringan judul dan abstrak. Artikel yang memenuhi kriteria inklusi dianalisis secara mendalam untuk mengidentifikasi fokus penelitian, metode, dan temuan utama terkait tantangan implementasi STEM di sekolah dasar. Proses seleksi dilakukan secara sistematis melalui tahap identifikasi, penyaringan, dan penentuan kelayakan. Setelah melalui tahapan tersebut, sebanyak 20 artikel dinyatakan memenuhi kriteria inklusi dan dianalisis dalam penelitian ini.

Analisis data dilakukan menggunakan teknik analisis isi (*content analysis*). Setiap artikel yang terpilih dianalisis untuk mengidentifikasi tema-tema utama yang berkaitan dengan tantangan implementasi STEM, seperti kesiapan guru, dukungan kurikulum, sarana dan prasarana, serta karakteristik siswa. Proses analisis dilakukan melalui tahapan pengkodean, pengelompokan tema, dan sintesis hasil penelitian sehingga diperoleh gambaran pola temuan yang konsisten antar studi. Keabsahan data dalam studi literatur ini dijaga melalui penggunaan sumber-sumber yang kredibel, perbandingan temuan antar artikel, serta konsistensi dalam proses analisis. Dengan prosedur tersebut, hasil kajian diharapkan mampu memberikan pemahaman yang mendalam dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah terkait tantangan implementasi STEM di sekolah dasar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan hasil analisis terhadap artikel-artikel yang diperoleh dari jurnal internasional dan nasional bereputasi yang dipublikasikan dalam rentang tahun 2022–2024, ditemukan bahwa tantangan implementasi STEM di sekolah dasar bersifat multidimensional dan saling berkaitan. Tantangan tersebut dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa aspek utama, yaitu kesiapan dan kompetensi guru, dukungan kurikulum dan kebijakan sekolah, ketersediaan sarana dan prasarana, serta karakteristik siswa sekolah dasar. Ringkasan hasil kajian literatur berdasarkan keempat aspek tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sintesis Hasil Kajian Literatur Tantangan Implementasi STEM di Sekolah Dasar (2022–2024)

No	Aspek Tantangan	Temuan Utama	Implikasi	Sumber Referensi
1.	Kesiapan dan Kompetensi Guru	Guru masih memiliki keterbatasan pemahaman konseptual STEM sebagai pendekatan terintegrasi. Integrasi aspek teknologi dan rekayasa belum optimal. Keterampilan pedagogis dalam merancang pembelajaran berbasis	Diperlukan pelatihan profesional berkelanjutan dan penguatan kompetensi pedagogis STEM.	Sreylak et al., (2022); Suryani et al., (2023).

No	Aspek Tantangan	Temuan Utama	Implikasi	Sumber Referensi
		proyek dan penilaian autentik masih rendah.		
2.	Dukungan Kurikulum dan Kebijakan Sekolah	Integrasi STEM belum terakomodasi secara eksplisit dalam kurikulum. Guru kesulitan memetakan capaian pembelajaran ke aktivitas lintas disiplin. Waktu pembelajaran terbatas untuk eksplorasi mendalam.	Dibutuhkan kerangka integrasi lintas disiplin yang lebih operasional dan fleksibel serta dukungan kebijakan adaptif.	Wieselmann et al., (2025); Yang (2025); English (2022); OECD (2023); Retno et al., (2025); Sampouw et al., (2024).
3.	Ketersediaan Sarana dan Prasarana	Keterbatasan alat peraga, bahan praktik rekayasa, dan media teknologi menghambat pembelajaran berbasis pengalaman langsung. Pembelajaran cenderung teoritis.	Penyediaan fasilitas pendukung serta optimalisasi bahan sederhana dan konteks lokal secara kreatif.	National Research Council (2022); Saputro et al., (2023a); Saputro et al., (2025); Pratama et al., (2025).
4.	Karakteristik dan Kesiapan Siswa	Siswa berada pada tahap operasional konkret sehingga membutuhkan pembelajaran kontekstual dan sederhana. Perbedaan kemampuan dan latar belakang memengaruhi efektivitas implementasi STEM.	Perlu desain pembelajaran yang adaptif, bertahap, dan kontekstual agar sesuai perkembangan kognitif siswa.	Saputro et al., (2023b); Saputro et al., (2024); Slavin (2024).

Berdasarkan Tabel 1, dapat terlihat bahwa tantangan implementasi STEM di sekolah dasar tidak bersifat tunggal, melainkan mencakup berbagai aspek yang saling berinteraksi. Keempat aspek tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan penerapan STEM dipengaruhi oleh faktor pedagogis, struktural, serta karakteristik peserta didik. Keterkaitan antar aspek tersebut menegaskan bahwa upaya penguatan implementasi STEM memerlukan pendekatan yang komprehensif dan sistemik. Uraian berikut menjelaskan secara lebih rinci masing-masing aspek, yaitu kesiapan dan kompetensi guru, dukungan kurikulum dan kebijakan sekolah, ketersediaan sarana dan prasarana, serta karakteristik dan kesiapan siswa sekolah dasar.

Kesiapan dan Kompetensi Guru

Sebagian besar artikel yang dianalisis menunjukkan bahwa guru sekolah dasar masih menghadapi keterbatasan dalam memahami konsep STEM sebagai pendekatan pembelajaran terintegrasi. Guru umumnya masih memandang STEM sebagai penggabungan mata pelajaran sains dan matematika, sementara aspek teknologi dan rekayasa belum diintegrasikan secara optimal dalam perencanaan maupun pelaksanaan pembelajaran. Selain pemahaman konseptual, literatur juga mengungkapkan bahwa keterampilan pedagogis guru dalam menerapkan

pembelajaran STEM masih perlu ditingkatkan. Guru mengalami kesulitan dalam merancang pembelajaran berbasis proyek, menyusun masalah autentik, serta melakukan penilaian proses dan produk pembelajaran STEM. Keterbatasan pelatihan profesional berkelanjutan menjadi salah satu faktor yang memperkuat permasalahan ini.

Dukungan Kurikulum dan Kebijakan Sekolah

Dari aspek kurikulum, hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi STEM belum terakomodasi secara eksplisit dan sistematis dalam dokumen kurikulum. Guru sering kali mengalami kesulitan dalam memetakan capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran ke dalam aktivitas STEM yang bersifat lintas disiplin. Kebijakan sekolah dan pengelolaan waktu pembelajaran juga menjadi tantangan tersendiri. Pembelajaran STEM membutuhkan waktu yang relatif lebih panjang untuk proses eksplorasi, perancangan, dan refleksi. Namun, tuntutan penyelesaian materi kurikulum menyebabkan pembelajaran STEM belum dapat dilaksanakan secara mendalam dan berkelanjutan.

Ketersediaan Sarana dan Prasarana Pembelajaran

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa keterbatasan sarana dan prasarana pembelajaran masih menjadi hambatan utama dalam implementasi STEM di sekolah dasar. Banyak sekolah belum memiliki alat peraga sains, bahan praktik rekayasa sederhana, maupun media pembelajaran berbasis teknologi yang memadai. Keterbatasan fasilitas tersebut berdampak pada pelaksanaan pembelajaran STEM yang cenderung bersifat teoritis dan kurang memberikan pengalaman belajar langsung kepada siswa. Beberapa artikel mencatat bahwa pemanfaatan bahan sederhana dan konteks lokal dapat menjadi alternatif, namun strategi ini tetap memerlukan dukungan kreativitas dan kompetensi guru.

Karakteristik dan Kesiapan Siswa

Dari aspek siswa, hasil kajian menunjukkan bahwa siswa sekolah dasar berada pada tahap perkembangan kognitif operasional konkret. Kondisi ini menuntut pembelajaran STEM yang dirancang secara kontekstual, sederhana, dan dekat dengan pengalaman sehari-hari siswa. Selain itu, perbedaan kemampuan, minat, dan latar belakang siswa juga memengaruhi efektivitas implementasi STEM. Tanpa perancangan pembelajaran yang adaptif dan inklusif, aktivitas STEM berpotensi menjadi terlalu kompleks sehingga menyulitkan siswa dalam memahami konsep yang dipelajari.

Pembahasan

Temuan pada bagian hasil menunjukkan bahwa tantangan implementasi STEM di sekolah dasar bersifat kompleks, multidimensional, dan saling berkaitan antar aspek, dengan kompetensi guru sebagai faktor yang paling dominan. Penelitian yang dilakukan oleh Seage & Türegün (2020) mengungkapkan bahwa kesiapan pedagogis guru berpengaruh signifikan terhadap kualitas integrasi STEM, terutama dalam merancang pembelajaran berbasis pemecahan masalah dan inkuiri. Guru yang belum memiliki pemahaman menyeluruh tentang pendekatan terintegrasi cenderung mengimplementasikan STEM secara parsial dan kurang kontekstual. Kondisi ini menunjukkan bahwa dimensi pedagogis tidak hanya berkaitan dengan penguasaan materi, tetapi juga kemampuan mengelola proses pembelajaran yang mendorong eksplorasi dan kolaborasi siswa.

Selanjutnya, Sreylak et al. (2022) menemukan bahwa keterbatasan pelatihan profesional berkelanjutan menyebabkan guru mengalami kesulitan dalam mengintegrasikan aspek

teknologi dan rekayasa secara optimal dalam pembelajaran. Temuan tersebut diperkuat oleh Suryani et al. (2023) yang menunjukkan bahwa pemahaman guru masih cenderung berfokus pada penggabungan sains dan matematika tanpa perancangan lintas disiplin yang utuh. Hasil ini sejalan dengan penelitian Margot & Kettler (2019) yang menegaskan pentingnya penguasaan konseptual STEM sebagai dasar implementasi yang efektif. Selain itu, Thibaut et al. (2018) menambahkan bahwa kompetensi dalam merancang pembelajaran berbasis proyek serta penilaian autentik merupakan prasyarat utama keberhasilan pembelajaran STEM di pendidikan dasar.

Selain faktor guru, aspek kurikulum dan kebijakan pendidikan juga berperan penting dalam mendukung implementasi STEM di sekolah dasar. Penelitian yang dilakukan oleh Wieselmann et al. (2025) menunjukkan bahwa meskipun kurikulum nasional telah mengakomodasi pembelajaran berbasis proyek dan penguatan kompetensi abad ke-21, panduan implementasi STEM masih belum tersusun secara operasional dan terstruktur. Temuan serupa dikemukakan oleh Yang (2025) yang menegaskan bahwa fleksibilitas kurikulum tanpa kerangka integrasi lintas disiplin yang jelas justru menimbulkan kebingungan dalam praktik pembelajaran. Ketidadaan model integrasi yang sistematis menyebabkan guru mengalami kesulitan dalam memetakan capaian pembelajaran ke dalam aktivitas STEM yang koheren dan berkesinambungan.

Kondisi tersebut menguatkan pandangan bahwa dukungan kebijakan yang adaptif dan kontekstual sangat diperlukan agar implementasi STEM dapat berjalan selaras dengan tuntutan kurikulum. English (2022) menekankan pentingnya penyelarasan antara tujuan kurikulum dan desain pembelajaran STEM agar integrasi disiplin ilmu tidak bersifat artifisial. Sementara itu, OECD (2023) dalam laporannya merekomendasikan kebijakan pendidikan yang mendorong kolaborasi lintas mata pelajaran serta pemberian otonomi yang terarah kepada sekolah. Di tingkat nasional, Retno et al. (2025) dan Sampouw et al. (2024) menegaskan bahwa keberhasilan implementasi STEM sangat dipengaruhi oleh kejelasan regulasi, dukungan manajerial sekolah, serta pengelolaan waktu pembelajaran yang memungkinkan eksplorasi dan refleksi secara mendalam.

Selanjutnya, keterbatasan sarana dan prasarana pembelajaran turut mempertegas bahwa keberhasilan implementasi STEM tidak hanya bergantung pada kesiapan guru dan kurikulum, tetapi juga pada dukungan lingkungan belajar yang memadai. *National Research Council* (2022) menegaskan bahwa pembelajaran STEM yang bermakna memerlukan pengalaman langsung melalui kegiatan eksperimen, perancangan, dan eksplorasi yang difasilitasi oleh alat serta media pembelajaran yang relevan. Tanpa dukungan fasilitas yang memadai, pembelajaran STEM berisiko menjadi bersifat teoritis dan kurang memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah secara autentik. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan sarana bukan sekadar pelengkap, melainkan bagian integral dari desain pembelajaran STEM yang efektif.

Namun demikian, beberapa penelitian menunjukkan bahwa keterbatasan fasilitas tidak selalu menjadi penghalang utama apabila guru mampu mengoptimalkan sumber daya yang tersedia secara kreatif. Penelitian yang dilakukan oleh Saputro et al. (2023b) menemukan bahwa pemanfaatan bahan sederhana dan konteks lokal dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam aktivitas STEM meskipun tanpa dukungan teknologi canggih. Temuan tersebut diperkuat oleh Saputro et al. (2025) yang menunjukkan bahwa pendekatan berbasis proyek dengan memanfaatkan lingkungan sekitar sekolah mampu mendorong pemahaman konseptual siswa secara lebih kontekstual. Selain itu, Pratama et al. (2025) menegaskan bahwa kreativitas guru

dalam merancang pengalaman belajar berbasis rekayasa sederhana dapat menjadi strategi alternatif untuk mengatasi keterbatasan sarana dalam implementasi STEM di sekolah dasar.

Di samping itu, karakteristik siswa sekolah dasar menjadi faktor penting yang perlu diperhatikan dalam perancangan pembelajaran STEM. Siswa pada jenjang ini masih berada pada tahap perkembangan kognitif operasional konkret, sehingga membutuhkan pengalaman belajar yang nyata dan kontekstual. Pembelajaran STEM yang dirancang terlalu abstrak atau kompleks berpotensi menurunkan keterlibatan serta menghambat pemahaman konseptual siswa. Oleh karena itu, pendekatan yang bertahap dan berbasis pengalaman langsung menjadi landasan penting dalam implementasi STEM di pendidikan dasar.

Sejalan dengan hal tersebut, Kelley & Knowles (2016) menekankan bahwa integrasi STEM pada jenjang dasar harus mempertimbangkan kesiapan perkembangan kognitif siswa agar proses konstruksi pengetahuan berlangsung secara bermakna. Penelitian yang dilakukan oleh Saputro et al. (2023a) menunjukkan bahwa pembelajaran STEM berbasis konteks lokal mampu meningkatkan pemahaman siswa karena dekat dengan pengalaman sehari-hari mereka. Temuan tersebut diperkuat oleh Saputro et al. (2024) yang menegaskan bahwa perancangan aktivitas bertahap dan eksploratif membantu siswa membangun keterkaitan antar konsep secara lebih sistematis. Selain itu, Slavin (2024) menambahkan bahwa strategi pembelajaran yang adaptif dan diferensiatif sangat diperlukan untuk mengakomodasi perbedaan kemampuan, minat, dan latar belakang siswa dalam kelas sekolah dasar.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menegaskan bahwa keberhasilan implementasi STEM di sekolah dasar memerlukan pendekatan yang bersifat sistemik dan kolaboratif. Sinergi antara peningkatan kompetensi guru, penguatan dukungan kurikulum dan kebijakan sekolah, penyediaan sarana dan prasarana pembelajaran, serta perancangan aktivitas STEM yang selaras dengan karakteristik siswa menjadi kunci utama dalam mengatasi berbagai tantangan implementasi STEM di sekolah dasar. Pendekatan yang terintegrasi memungkinkan setiap aspek saling mendukung sehingga implementasi STEM tidak berjalan secara parsial, melainkan berkelanjutan dan berdampak nyata terhadap kualitas pembelajaran. Dengan demikian, upaya pengembangan STEM di sekolah dasar perlu dirancang secara komprehensif melalui kolaborasi antara guru, sekolah, pembuat kebijakan, dan pemangku kepentingan pendidikan lainnya.

KESIMPULAN

Implementasi pembelajaran STEM di sekolah dasar memiliki potensi besar dalam mengembangkan keterampilan abad ke-21 pada siswa, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan pemecahan masalah. Hasil kajian menunjukkan bahwa penerapan STEM masih menghadapi berbagai tantangan, meliputi keterbatasan pemahaman dan kesiapan guru, dukungan kurikulum yang belum optimal, keterbatasan sarana dan prasarana, serta karakteristik siswa sekolah dasar yang beragam. Untuk mengatasi tantangan tersebut, diperlukan peningkatan kompetensi guru melalui pelatihan profesional berkelanjutan, penguatan dukungan kurikulum yang fleksibel dan integratif, serta penyediaan sarana dan prasarana pembelajaran yang memadai.

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar konseptual bagi pendidik, sekolah, dan pemangku kebijakan dalam merumuskan strategi penguatan implementasi STEM yang kontekstual dan berkelanjutan di sekolah dasar. Ke depan, hasil kajian ini memiliki prospek untuk dikembangkan melalui penelitian empiris, seperti studi eksperimen atau penelitian pengembangan (R&D), guna menguji efektivitas model pembelajaran STEM yang sesuai dengan karakteristik siswa sekolah dasar dan kondisi sekolah yang beragam. Selain itu, kajian ini membuka peluang aplikasi penelitian lanjutan dalam bentuk perancangan modul, perangkat

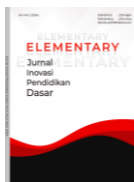
ajar, serta program pelatihan guru berbasis STEM yang adaptif terhadap konteks lokal dan keterbatasan sumber daya. Dengan demikian, implementasi STEM di sekolah dasar diharapkan tidak hanya bersifat konseptual, tetapi dapat diterapkan secara nyata dan berkontribusi pada peningkatan kualitas pembelajaran dan pendidikan dasar secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- 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). <https://doi.org/10.15294/jpii.v14i2.23505>
- English, L. D. (2022). STEM education in the early years: Challenges and opportunities. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00345-1>
- Hapsari, I. P., Saputro, T. V. D., & Sadewo, Y. D. (2022). Mathematical literacy profile of elementary school students in Indonesia: A scoping review. *Journal of Educational Learning and Innovation (ELIa)*, 2(2), 279-295. <https://doi.org/10.46229/elia.v2i2.513>
- Hewitt, T., & Forcino, F. (2025). The influence of a STEM unit on the interest in and understanding of science and engineering between elementary school girls and boys. *Discover Education*, 4(1), 20. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00404-x>
- 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/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kotsis, K. T. (2025). Optimal STEM educators for elementary school: Students from the Primary Education vs. Science Department. *EIKI Journal of Effective Teaching Methods*, 3(1). <https://doi.org/10.59652/jetm.v3i1.360>
- Küçükaydın, M. A., & Ayaz, E. (2025). Modelling the relationship between parents' STEM awareness and elementary school children's STEM career interest and attitudes. *Social Psychology of Education*, 28(1), 31. <https://doi.org/10.1007/s11218-024-10000-w>
- Kurnia, M. P. A., Waris, & Gita, R. S. D. (2025). STEM-Based Learning Using Assemblr Edu to Improve Students' Critical Thinking Skills; A Case Study in Elementary School. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(7), 178-185. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i7.11301>
- Li, S., Zeng, C., Liu, H., Jia, J., Liang, M., Cha, Y., ... & Wu, X. (2025). A meta-analysis of AI-enabled personalized STEM education in schools. *International Journal of STEM Education*, 12(1), 58. <https://doi.org/10.1186/s40594-025-00566-y>
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2023). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM education*, 6(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- Memari, M., & Ruggles, K. (2025). Artificial Intelligence in Elementary STEM Education: A Systematic Review of Current Applications and Future Challenges. *arXiv preprint arXiv:2511.00105*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2511.00105>
- National Research Council. (2022). *STEM integration in K–12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press.
- OECD. (2023). *Education at a glance 2023: OECD indicators*. OECD Publishing.

<https://doi.org/10.1787/69096873-en>

- Peters-Burton, E. E., House, A., Peters, V., & Remold, J. (2019). Understanding STEM-focused elementary schools: Case study of Walter Bracken STEAM Academy. *School Science and Mathematics*, 119(8), 446-456. <https://doi.org/10.1111/ssm.12372>
- Pratama, H., Matsun, Puspitasari, Y. D., & Maduretno, T. W. (2025). Science Literacy through STEM-Based Project Based Learning Model. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(7), 320–330. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i7.11306>
- Rasyid, A., Rinto, R., & Susanti, M. (2023). Project-based learning through the STEM approach in elementary schools: How to improve problem-solving ability. *Journal of Education For Sustainable Innovation*, 1(1), 1-8. <https://doi.org/10.56916/jesi.v1i1.477>
- Retno, R. S., Purnomo, P., Hidayat, A., & Mashfufah, A. (2025). Conceptual framework design for STEM-integrated project-based learning (PjBL-STEM) for elementary schools. *Asian Education and Development Studies*, 14(3), 579-604. <https://doi.org/10.1108/AEDS-08-2024-0188>
- Sampouw, F., Apriska, E., Jailani, Saputro, T. V. D. & Winarti, S. (2024). Attitude and Tenacity: Which One Mostly Affects Students' Mathematics Achievement?. *PAEDAGOGIA*, 27(2), 186-196. <https://doi.org/10.20961/paedagogia.v27i2.84253>
- Saputro, T. V. D., Silvester, S., & Purnasari, P. D. (2023a). The Characteristics of Mathematics Daily Test Items. *Journal of Learning Improvement and Lesson Study*, 3(1), 42–49. <https://doi.org/10.24036/jlils.v3i1.52>
- Saputro, T. V. D., Purnasari, P. D., & Sadewo, Y. D. (2023b). Pemahaman Konsep Dasar Matematika Mahasiswa di Wilayah Perbatasan Indonesia–Malaysia: Bagaimana Tantangannya. *Hexagon: Jurnal Ilmu dan Pendidikan Matematika*, 1(2), 145-157. <https://doi.org/10.33830/hexagon.v1i2.5263>
- Saputro, T. V. D., Purnasari, P. D., Lumbantobing, W. L., & Sadewo, Y. D. (2024). Augmented Reality for Mathematics Learning: Could We Implement It in Elementary School?. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 13(1), 163-174. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v13i1.1984>
- Saputro, T. V. D., Sari, Y. F., Cahyaningtyas, C., Jayanto, P., & Harmoni, G. P. (2025). Elementary teachers' understanding of STEM integration: A study in the Indonesia–Malaysia border area. *Jurnal Elemen*, 11(2), 502-514. <https://doi.org/10.29408/jel.v11i2.30003>
- Seage, S. J., & Türegün, M. (2020). The effects of blended learning on STEM achievement of elementary school students. *International Journal of Research in Education and Science*, 6(1), 133-140. <https://doi.org/10.46328/ijres.v6i1.728>
- Slavin, R. E. (2024). *Educational psychology: Theory and practice* (13th ed.). Pearson Education.
- Sreylak, O., Sampouw, F., Saputro, T. V. D., & Lumbantobing, W. L. (2022). Mathematics concept in elementary school: A bibliometric analysis. *Journal of Educational Learning and Innovation (ELIa)*, 2(2), 268-278. <https://doi.org/10.46229/elia.v2i2.512>
- Suryani, E., Kun, Z., & Haryanto, H. (2023). The implementation of STEM approach (science, technology, engineering, and mathematics) on science learning at elementary school. *Proceedings Series on Social Sciences & Humanities*, 12, 315-322. <https://doi.org/10.30595/pssh.v12i.814>
- 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>

Wieselmann, J. R., Menon, D., Price, B. C., Johnson, A., Asim, S., Haines, S., & Morison, G. (2025). What is STEM? Preservice elementary teachers' conceptions of integrated STEM education. *Teaching and Teacher Education*, 165, 105108.

<https://doi.org/10.1016/j.tate.2025.105108>

Yang, K. K. (2025). Exploring primary school students drawing solutions to problems in STEM activities. *Thinking Skills and Creativity*, 56, 101790.

<https://doi.org/10.1016/j.tsc.2025.101790>