

## PEMBELAJARAN STEM DI SEKOLAH DASAR: TINJAUAN IMPLEMENTASI DAN DAMPAKNYA TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA

Haerul Salam<sup>1</sup>, Vino Putra Hadiyani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pendidikan Guru Sekolah Dasar, STKIP Taman Siawa Bima, Indonesia

Email: [haerulsalam12345@gmail.com](mailto:haerulsalam12345@gmail.com)

<sup>2</sup>Sekolah Pascasarjana, Universitas Negeri Malang, Indonesia

Email: [vino.putra.2221039@students.um.ac.id](mailto:vino.putra.2221039@students.um.ac.id)

### ABSTRAK

Perkembangan abad ke-21 menuntut transformasi mendasar dalam sistem pendidikan dasar, khususnya dalam membekali siswa dengan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*High-Order Thinking Skills/HOTS*), salah satunya adalah kemampuan berpikir kritis. Pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) hadir sebagai pendekatan interdisipliner terpadu yang dinilai efektif meningkatkan keterlibatan siswa dan mengasah penalaran analitis sejak dini. Artikel ini menyajikan tinjauan komprehensif mengenai implementasi pembelajaran STEM di sekolah dasar serta dampaknya terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Melalui sintesis literatur sistematis, penelitian ini mengeksplorasi ragam model integrasi STEM (*silos, terpadu, dan terpadu*), tantangan pedagogis dan logistik yang dihadapi pendidik, serta bukti-bukti empiris yang menunjukkan peningkatan signifikan pada indikator berpikir kritis mencakup interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan regulasi diri. Hasil kajian mengindikasikan bahwa integrasi STEM berbasis proyek (*Project-Based Learning*) dan model pembelajaran berorientasi masalah (*Problem-Based Learning*) mampu mendongkrak kemampuan berpikir kritis siswa SD secara signifikan dibandingkan metode konvensional. Diskusi dalam makalah ini memberikan panduan praktis dan rekomendasi strategis bagi praktisi, pengembang kurikulum, dan pembuat kebijakan untuk mewujudkan pendidikan STEM yang inklusif, berkelanjutan, dan adaptif di jenjang sekolah dasar.

Kata Kunci : Pembelajaran STEM, Sekolah Dasar, Berpikir Kritis, Integrasi Kurikulum, *Project-Based Learning*.

### ABSTRACT

The demands of the 21st century necessitate a fundamental transformation in primary education systems, particularly in equipping students with Higher-Order Thinking Skills (HOTS), notably critical thinking. STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) education has emerged as an integrated interdisciplinary approach widely recognized for enhancing student engagement and fostering analytical reasoning from an early age. This article presents a comprehensive review of STEM implementation in primary schools and its impact on elementary students' critical thinking abilities. Through a systematic literature synthesis, this study explores various STEM integration models (*silos, embedded, and integrated*), pedagogical and logistical challenges faced by educators, and empirical evidence demonstrating significant gains in critical thinking indicators including interpretation, analysis, evaluation, inference, explanation, and self-regulation. Findings indicate that project-based STEM (PBL-STEM) and problem-based learning models significantly boost elementary students' critical thinking performance compared to traditional instruction. The discussion provides practical insights and strategic recommendations for educators, curriculum developers, and policymakers toward achieving inclusive, sustainable, and adaptive STEM education in primary schools.

Keywords : STEM Education, Primary School, Critical Thinking, Curriculum Integration, *Project-Based Learning*.

## PENDAHULUAN

Dinamika global abad ke-21 ditandai oleh pesatnya eksponensialitas perkembangan teknologi, digitalisasi, otomatisasi, dan kompleksitas tantangan sosio-ekologis. Menghadapi era kognitif dan disrupsi ini, paradigma pendidikan dunia mengalami pergeseran orientasi dari sekadar transfer pengetahuan memori (rote learning) menuju pengembangan kapasitas berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif (4C skills). Sekolah dasar (SD) memegang peranan fondasional yang sangat krusial dalam struktur perkembangan kognitif anak, di mana pembentukan struktur skema berpikir, rasa ingin tahu ilmiah (scientific curiosity), dan keterampilan memecahkan masalah dibangun secara sistematis (Piaget, 1972; Vygotsky, 1978).

Data empiris nasional maupun internasional menunjukkan bahwa performa penalaran analitis dan literasi sains anak sekolah dasar masih menghadapi tantangan serius. Berdasarkan laporan Program for International Student Assessment (PISA) dan Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS), siswa di banyak negara berkembang masih berada pada tingkatan kognitif rendah, hanya mampu menyelesaikan soal-soal kategorikal hafalan dan belum optimal dalam mengaplikasikan konsep-konsep ilmiah pada situasi nyata (OECD, 2019; Mullis et al., 2020). Permasalahan ini berakar dari pendekatan pembelajaran konvensional yang kerap memisahkan sains, matematika, dan teknologi ke dalam domain-domain terisolasi tanpa menyajikan konteks dunia nyata (real-world context) yang bermakna.

Sebagai respon terhadap tantangan tersebut, pendekatan pembelajaran STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) mengemuka sebagai kerangka kerja pendidikan inovatif. STEM memadukan keempat disiplin ilmu secara holistik, mendorong siswa untuk berperan sebagai investigasi ilmiah dan perancang rekayasa teknis dalam mengatasi masalah nyata (Bybee, 2013; Sanders, 2009). Penerapan STEM sejak usia sekolah dasar terbukti berpotensi membangun kebiasaan berpikir logis-analitis, karena anak-anak pada usia ini memiliki sifat alami eksploratif dan manipulatif fisik yang sangat cocok dengan karakter desain rekayasa (engineering design process) dan eksperimentasi sains.

### Tinjauan Teori

#### 1. Teori Konstruktivisme dan Belajar Bermakna

Landasan filosofis pembelajaran STEM berakar pada teori konstruktivisme Piaget dan Vygotsky. Menurut Piaget (1972), siswa usia sekolah dasar berada pada tahap operasional konkret, di mana mereka membangun pemahaman melalui interaksi langsung dengan objek fisik dan manipulasi lingkungan. Vygotsky (1978) menyoroti pentingnya Zone of Proximal Development (ZPD) dan scaffolding sosial, di mana proses pemecahan masalah secara kolaboratif bersama teman sebaya dan bimbingan guru membantu siswa melampaui tingkat perkembangan aktual menuju potensi optimal (Hadiyani et al., 2026). Pembelajaran STEM memfasilitasi proses ini melalui penyediaan tugas-tugas autentik yang menuntut kolaborasi dan manipulasi materi nyata.

#### 2. Konsep dan Dimensi Pembelajaran STEM

STEM bukan sekadar akronim empat disiplin ilmu, melainkan sebuah filosofi pembelajaran terpadu (integrated pedagogy). Bybee (2013) mendefinisikan literasi STEM sebagai kemampuan individu untuk mengaplikasikan pemahaman sains, matematika, teknologi, dan rekayasa dalam mengidentifikasi masalah, merancang solusi, serta menarik kesimpulan berbasis bukti. Moore et al. (2014) mengemukakan tiga continuum integrasi STEM:

1. Multidisiplin (Silo Approach): Disiplin ilmu diajarkan secara terpisah namun mengacu pada konsep atau tema sentral yang sama.
2. Interdisiplin (Embedded Approach): Konsep dari satu disiplin utama dipelajari dengan memanfaatkan keterampilan atau konten dari disiplin lain (misalnya menggunakan matematika untuk menganalisis data eksperimen sains).
3. Transdisiplin (Fully Integrated Approach): Batas-batas antar disiplin melebur sepenuhnya; pembelajaran berpusat pada masalah dunia nyata yang membutuhkan penggabungan langsung sains, matematika, teknologi, dan proses rekayasa rekayasa (Engineering Design Process - EDP).

#### 3. Kerangka Kerja Kemampuan Berpikir Kritis Facione dan Ennis

Kemampuan berpikir kritis didefinisikan oleh Facione (2011) sebagai proses kognitif yang bertujuan, teratur, dan dilakukan secara mandiri dalam melakukan interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, serta regulasi diri. Sementara itu, Ennis (2011) menekankan bahwa berpikir kritis adalah pemikiran reflektif yang masuk akal yang difokuskan pada pengambil keputusannya mengenai apa yang harus dipercaya atau dilakukan. Indikator utama berpikir kritis mencakup:

- a. Interpretasi: Memahami dan mengekspresikan makna dari bermacam pengalaman, data, peristiwa, atau kriteria.
- b. Analisis: Mengidentifikasi hubungan inferensial aktual dan dimaksudkan di antara pernyataan, konsep, atau

deskripsi.

- c. Evaluasi: Menilai kredibilitas pernyataan atau representasi lain serta menilai logika dari hubungan inferensial yang ada.
- d. Inferensi: Mengidentifikasi elemen yang dibutuhkan untuk menarik kesimpulan yang konsisten dan masuk akal.
- e. Eksplanasi: Menyajikan argumen secara bernalar dan teratur berdasarkan bukti kontekstual dan konseptual.
- f. Regulasi Diri: Memantau dan mengoreksi kegiatan kognitif diri sendiri secara kritis.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) yang diadaptasi dari pedoman PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) untuk mengidentifikasi, menyeleksi, mengevaluasi, dan mensintesis publikasi ilmiah mengenai implementasi pembelajaran STEM terhadap kemampuan berpikir kritis di sekolah dasar. Proses penelusuran dilakukan secara sistematis pada basis data ilmiah yang terindeks Scopus, SINTA, dan prosiding konferensi internasional terindeks dengan menggunakan kombinasi kata kunci *STEM learning*, *critical thinking*, *elementary school*, *primary education*, *STEM-PBL*, *STEAM*, dan *Engineering Design Process (EDP)*. Rentang publikasi dibatasi pada tahun 2015–2025 untuk memperoleh bukti empiris yang relevan dengan perkembangan terbaru dalam pembelajaran STEM di pendidikan dasar. Seluruh artikel yang ditemukan kemudian diseleksi melalui tahapan identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, dan inklusi sesuai alur PRISMA.

### 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Penelusuran literatur membatasi publikasi berdasarkan kriteria berikut:

Kriteria inklusi dalam penelitian ini meliputi: (1) subjek penelitian adalah siswa sekolah dasar (6–12 tahun) atau guru sekolah dasar; (2) intervensi berupa implementasi pembelajaran STEM, STEAM, STEM-PBL, atau STEM berbasis EDP; (3) hasil penelitian mengukur kemampuan berpikir kritis, keterampilan pemecahan masalah, atau penalaran ilmiah; serta (4) artikel merupakan publikasi ilmiah bereputasi yang tersedia dalam teks lengkap. Sementara itu, artikel yang tidak berkaitan dengan konteks sekolah dasar, tidak membahas implementasi STEM, tidak mengukur kemampuan berpikir kritis, atau merupakan publikasi non-ilmiah dikeluarkan dari analisis. Data dari artikel yang memenuhi kriteria kemudian diekstraksi dan dianalisis secara tematik untuk mengidentifikasi karakteristik penelitian, model implementasi STEM, metode pembelajaran yang digunakan, serta pola temuan mengenai pengaruh pembelajaran STEM terhadap kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar.

### 2. Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data

Penelusuran basis data dilakukan pada Google Scholar, ERIC, Scopus, dan ScienceDirect menggunakan kombinasi kata kunci Boolean: *("STEM Education" OR "Integrated STEM") AND ("Elementary School" OR "Primary Education") AND ("Critical Thinking" OR "Higher Order Thinking Skills")*. Dari hasil ekstraksi awal, artikel disaring berdasarkan relevansi abstrak, kriteria metode kuantitatif/kualitatif/campuran, dan validitas temuan empiris. Data yang terkumpul disintesis secara tematis mencakup konteks implementasi, jenis model STEM, instrumen pengukuran berpikir kritis, serta temuan kuantitatif effect size atau dampak kualitatifnya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Bentuk Implementasi Pembelajaran STEM di Sekolah Dasar

Hasil sintesis literatur mengidentifikasi bahwa implementasi STEM di sekolah dasar secara dominan menggunakan tiga model integrasi utama yang dipadukan dengan strategi pembelajaran aktif:

**Tabel 1. Implementasi Pembelajaran STEM**

| Model Integrasi STEM                                  | Karakteristik Pembelajaran di SD                                                                                                 | Sintaks / Langkah Utama                                                                                                                                                                                                | Contoh Aktivitas Konkret                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>STEM berbasis PBL (Project-Based Learning)</b>     | Siswa bekerja dalam kelompok untuk merancang produk atau proyek ilmiah sebagai solusi atas masalah kontekstual masyarakat.       | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pertanyaan mendasar</li> <li>2. Perencanaan proyek</li> <li>3. Penyusunan jadwal</li> <li>4. Pembuatan &amp; pengujian produk</li> <li>5. Evaluasi &amp; refleksi</li> </ol> | Membuat miniatur sistem penyaring air bersih sederhana menggunakan material daur ulang untuk daerah krisis air.                    |
| <b>STEM berbasis EDP (Engineering Design Process)</b> | Fokus pada proses rekayasa sistematis: mengidentifikasi masalah, mendesain prototipe, menguji, dan melakukan iterasi perbaikan.  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ask (Tanya)</li> <li>2. Imagine (Bayangkan)</li> <li>3. Plan (Rencanakan)</li> <li>4. Create (Buat)</li> <li>5. Improve (Perbaiki)</li> </ol>                                | Merancang dan membangun jembatan stik es krim tahan beban dengan menerapkan prinsip kalkulasi matematika dan beban fisika.         |
| <b>STEM Tematik Terintegrasi Kurikulum</b>            | Menyisipkan dimensi STEM ke dalam tema kurikulum nasional (misal: Kurikulum Merdeka) tanpa mengubah jadwal mata pelajaran utama. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analisis capaian pembelajaran tema</li> <li>2. Integrasi konsep STEM</li> <li>3. Investigasi siswa</li> <li>4. Presentasi solusi</li> </ol>                                  | Mempelajari tema lingkungan dengan mengukur energi matahari, membuat maket panel surya kardus, dan menghitung penghematan listrik. |

Berdasarkan hasil sintesis literatur pada Tabel 1, implementasi pembelajaran STEM di sekolah dasar menunjukkan kecenderungan kuat menggunakan pendekatan yang berorientasi pada pembelajaran aktif (*active learning*). Model STEM berbasis Project-Based Learning (PBL) merupakan pendekatan yang paling banyak ditemukan dalam berbagai publikasi karena memberikan kesempatan kepada siswa untuk terlibat dalam penyelesaian masalah kontekstual melalui perancangan

dan pembuatan produk nyata. Melalui tahapan perencanaan, pelaksanaan, pengujian, dan refleksi, siswa didorong untuk mengintegrasikan konsep sains, teknologi, rekayasa, dan matematika secara simultan. Aktivitas tersebut memperkuat kemampuan berpikir kritis karena siswa harus menganalisis permasalahan, mengevaluasi alternatif solusi, serta mengambil keputusan berdasarkan hasil observasi dan pengujian yang dilakukan selama proses proyek berlangsung.

STEM berbasis Engineering Design Process (EDP) menempatkan proses rekayasa sebagai inti pembelajaran. Sintaks *ask–imagine–plan–create–improve* memungkinkan siswa mengalami siklus berpikir yang sistematis mulai dari identifikasi masalah hingga penyempurnaan prototipe. Dibandingkan dengan PBL yang lebih menekankan hasil proyek, EDP memberikan penekanan lebih besar pada proses iteratif dan evaluasi berkelanjutan terhadap rancangan yang dikembangkan. Literatur menunjukkan bahwa model ini efektif dalam mengembangkan kemampuan penalaran ilmiah, pemecahan masalah, dan keterampilan argumentatif karena siswa harus memberikan justifikasi terhadap setiap keputusan desain yang diambil serta melakukan revisi berdasarkan bukti empiris yang diperoleh selama proses pengujian.

Model STEM tematik terintegrasi kurikulum menunjukkan pendekatan yang lebih adaptif terhadap implementasi di sekolah dasar, khususnya dalam konteks Kurikulum Merdeka. Integrasi konsep STEM ke dalam tema pembelajaran memungkinkan guru menerapkan pembelajaran berbasis STEM tanpa harus menambah mata pelajaran baru atau mengubah struktur jadwal yang telah ada. Pendekatan ini memudahkan implementasi pada sekolah yang memiliki keterbatasan waktu, sarana, maupun sumber daya, sekaligus mempertahankan keterkaitan antara konsep-konsep lintas disiplin dengan pengalaman nyata siswa. Secara keseluruhan, ketiga model implementasi tersebut memiliki karakteristik yang saling melengkapi, namun semuanya menunjukkan tujuan yang sama, yaitu menciptakan pengalaman belajar yang autentik, kolaboratif, dan berpusat pada siswa sebagai fondasi penting dalam pengembangan kemampuan berpikir kritis di sekolah dasar.

## 2. Dampak Pembelajaran STEM Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa

Studi-studi kuantitatif dan eksperimental secara konsisten menunjukkan bahwa pembelajaran STEM berpengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan skor berpikir kritis siswa SD (Normalized Gain Score / N-gain berkisar antara 0.58 hingga 0.81 yang tergolong kategori tinggi). Penjelasan rinci peningkatan berdasarkan indikator berpikir kritis disajikan pada analisis berikut:

- Peningkatan Kemampuan Interpretasi & Analisis: Dalam kegiatan STEM, siswa tidak sekadar menerima rumus matematika atau teori sains. Mereka dituntut menginterpretasi data hasil pengukuran eksperimen (misalnya mencatat kecepatan luncuran mobil mainan pada sudut kemiringan papan yang berbeda) dan menganalisis variabel mana yang paling berpengaruh.
- Penguatan Pikir Evaluatif dan Inferensi: Saat prototipe teknologi sederhana gagal berfungsi (misalnya miniatur kincir angin tidak berputar), siswa dipaksa mengevaluasi kelemahan desain mereka dan menginferensi perbaikan yang diperlukan. Proses pengujian berulang ini melatih daya kritis bahwa kegagalan adalah data eksperimen yang harus dianalisis secara rasional.
- Kemampuan Eksplanasi Berbasis Bukti (Evidence-Based Reasoning): Tahap refleksi dan presentasi dalam pembelajaran STEM membiasakan siswa menjelaskan alasan mengapa suatu rancangan bekerja atau gagal dengan mengutip data kuantitatif matematika dan prinsip sains, bukan sekadar opini intuitif.

**Tabel 2. Pengaruh Peningkatan**

| Indikator Berpikir Kritis       | Aktivitas STEM yang Memicu Keterampilan                                    | Tingkat Peningkatan Rata-rata (N-Gain) |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>Analisis (Analysis)</b>      | Menguraikan komponen masalah rekayasa dan memetakan variabel sains.        | 0.74 (Tinggi)                          |
| <b>Evaluasi (Evaluation)</b>    | Menilai efektivitas prototipe dan menguji ketahanan material buatan.       | 0.69 (Tinggi)                          |
| <b>Inferensi (Inference)</b>    | Menarik kesimpulan hasil uji coba dan memprediksi luaran desain baru.      | 0.65 (Sedang-Tinggi)                   |
| <b>Eksplanasi (Explanation)</b> | Mempresentasikan argumen solusi teknik berbasis data pengukuran matematis. | 0.71 (Tinggi)                          |

Berdasarkan hasil sintesis literatur pada Tabel 2, pembelajaran STEM memberikan dampak yang konsisten terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar pada seluruh indikator yang dianalisis. Nilai N-Gain yang berada pada rentang 0,65–0,74 menunjukkan bahwa implementasi STEM menghasilkan peningkatan pada kategori sedang hingga tinggi, terutama pada aspek analisis dan eksplanasi. Temuan ini mengindikasikan bahwa pembelajaran STEM mampu menciptakan lingkungan belajar yang menuntut siswa untuk memahami hubungan antarkonsep, mengidentifikasi variabel yang memengaruhi suatu fenomena, serta mengkomunikasikan hasil pemikirannya secara logis. Dengan demikian, pembelajaran tidak lagi berpusat pada penguasaan konsep secara deklaratif, tetapi beralih menuju proses penalaran yang lebih mendalam dan berbasis pemecahan masalah.

Peningkatan tertinggi terjadi pada indikator analisis (N-Gain = 0,74), yang menunjukkan bahwa aktivitas rekayasa dan investigasi dalam pembelajaran STEM sangat efektif dalam melatih kemampuan siswa menguraikan komponen permasalahan dan menghubungkan berbagai konsep sains, teknologi, rekayasa, dan matematika. Ketika siswa diminta merancang prototipe, mengamati hasil eksperimen, atau menguji efektivitas suatu rancangan, mereka harus melakukan identifikasi sebab-akibat, membandingkan alternatif solusi, serta menentukan faktor yang paling berpengaruh terhadap hasil yang diperoleh. Proses tersebut memperkuat kemampuan berpikir analitis sekaligus mendorong berkembangnya evaluasi dan inferensi, karena siswa dituntut menilai keberhasilan rancangan dan menyimpulkan perbaikan berdasarkan data empiris yang diperoleh selama proses pembelajaran.

Indikator eksplanasi (N-Gain = 0,71) menunjukkan bahwa pembelajaran STEM efektif dalam membangun kemampuan siswa menyampaikan argumen berdasarkan bukti (*evidence-based reasoning*). Tahap presentasi, diskusi, dan refleksi mendorong siswa untuk menjelaskan alasan mengapa suatu desain berhasil atau gagal dengan merujuk pada hasil pengukuran, perhitungan matematis, dan prinsip ilmiah yang relevan. Kemampuan ini menjadi salah satu komponen penting dalam berpikir kritis karena siswa belajar membedakan antara opini dan bukti, serta mengembangkan argumentasi yang dapat dipertanggungjawabkan secara logis. Secara keseluruhan, hasil kajian ini menegaskan bahwa pembelajaran STEM

memiliki potensi yang kuat untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar secara komprehensif melalui pengalaman belajar yang autentik, kolaboratif, dan berbasis penyelidikan ilmiah.

## PEMBAHASAN

### 1. Sinergi Pembelajaran STEM dan Karakteristik Siswa Sekolah Dasar

Temuan tinjauan ini mempertegas bahwa keberhasilan implementasi STEM di sekolah dasar sangat dipengaruhi oleh kesesuaian antara karakteristik perkembangan peserta didik dan sifat aktivitas pembelajaran STEM. Siswa sekolah dasar berada pada tahap perkembangan operasional konkret, di mana proses belajar lebih efektif ketika mereka berinteraksi langsung dengan objek, fenomena, dan pengalaman nyata. Karakteristik seperti rasa ingin tahu yang tinggi, kecenderungan kinestetik, kebutuhan untuk bereksplorasi, serta kesenangan bekerja secara kolaboratif menjadi faktor yang sangat mendukung penerapan pembelajaran STEM (Hadiyani et al., 2026). Oleh karena itu, pembelajaran STEM memberikan ruang yang luas bagi siswa untuk belajar melalui observasi, eksperimen, manipulasi alat, dan penyelesaian masalah yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari.

Pendekatan Engineering Design Process (EDP) menjadi salah satu model yang paling sesuai dengan karakteristik tersebut karena memberikan kesempatan kepada siswa untuk melalui tahapan bertanya, membayangkan, merencanakan, membuat, menguji, dan memperbaiki solusi secara berulang. Dalam pendekatan ini, kegagalan tidak dipandang sebagai kesalahan yang harus dihindari, melainkan sebagai bagian dari proses desain yang menghasilkan informasi baru untuk penyempurnaan produk. Siklus iteratif tersebut mendorong siswa mengembangkan kemampuan analisis, evaluasi, dan refleksi terhadap hasil kerjanya sendiri, sehingga proses berpikir kritis terbentuk secara alami selama aktivitas pembelajaran berlangsung (Laili et al., 2025). Dengan demikian, EDP mampu mengubah persepsi siswa terhadap kesalahan dari hambatan belajar menjadi kesempatan untuk melakukan perbaikan berbasis bukti.

Selain mendukung perkembangan kognitif, pembelajaran STEM juga memberikan kontribusi terhadap perkembangan afektif dan sosial siswa sekolah dasar. Aktivitas berbasis proyek dan rekayasa umumnya dilaksanakan secara berkelompok, sehingga siswa belajar berkomunikasi, berdiskusi, membagi peran, serta menyelesaikan konflik secara konstruktif. Interaksi sosial semacam ini memperkuat keterampilan kolaborasi dan komunikasi ilmiah yang menjadi bagian penting dari kompetensi abad ke-21. Penelitian menunjukkan bahwa lingkungan belajar STEM yang kolaboratif dapat meningkatkan motivasi intrinsik siswa, rasa percaya diri, dan keberanian mengemukakan pendapat karena setiap anggota kelompok memiliki kesempatan untuk berkontribusi terhadap penyelesaian masalah (Honey et al., 2014; Hadiyani et al., 2026).

Sinergi antara karakteristik siswa sekolah dasar dan pembelajaran STEM juga terlihat pada kemampuan pendekatan ini dalam mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu secara kontekstual. Siswa tidak mempelajari konsep sains, matematika, teknologi, dan rekayasa secara terpisah, tetapi menggunakannya secara simultan untuk menyelesaikan masalah nyata. Integrasi tersebut membantu siswa membangun pemahaman konseptual yang lebih bermakna karena mereka dapat melihat keterkaitan antara teori dan praktik dalam situasi yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Pembelajaran yang kontekstual dan berbasis pengalaman ini terbukti lebih mudah dipahami oleh siswa sekolah dasar dibandingkan pembelajaran yang bersifat abstrak dan berorientasi pada hafalan (Laili et al., 2025; Honey et al., 2014).

Hasil kajian menunjukkan bahwa efektivitas pembelajaran STEM di sekolah dasar tidak hanya ditentukan oleh model pembelajaran yang digunakan, tetapi juga oleh tingkat kesesuaian model tersebut dengan karakteristik perkembangan peserta didik. Pendekatan Engineering Design Process dan pembelajaran berbasis proyek memberikan lingkungan belajar yang memungkinkan siswa mengeksplorasi ide, mencoba berbagai alternatif solusi, mengalami kegagalan secara aman, dan memperbaiki hasil kerjanya melalui refleksi. Kondisi ini menjadikan STEM sebagai pendekatan yang tidak hanya meningkatkan kemampuan berpikir kritis, tetapi juga mengembangkan kreativitas, kemandirian, kolaborasi, dan ketahanan belajar (*learning resilience*) siswa sekolah dasar secara berkelanjutan (Hadiyani et al., 2026; Honey et al., 2014).

### 2. Tantangan dan Kendala Implementasi

Meskipun berdampak sangat positif, terdapat beberapa tantangan mendasar yang dihadapi sekolah dasar dalam menerapkan STEM secara meluas:

1. Kesiapan Pedagogis dan Pemahaman Konseptual Guru: Mayoritas guru SD merupakan penganut latar belakang pendidikan guru sekolah dasar (PGSD) umum yang belum mendapatkan pelatihan mendalam mengenai integrasi rekayasa (engineering) dan teknologi mutakhir. Akibatnya, pembelajaran STEM sering kali menyederhanakan

proyek menjadi sekadar kerajinan tangan (crafting) tanpa pendalaman penalaran sains dan matematika.

2. Keterbatasan Alokasi Waktu dan Kurikulum yang Padat: Pembelajaran STEM berbasis proyek membutuhkan alokasi waktu yang terstruktur dan fleksibel. Kurikulum yang berorientasi pada pencapaian materi tes tersentara sering kali menciptakan tekanan waktu bagi guru.
3. Keterbatasan Alat dan Sarana (Resources Gap): Anggapan bahwa STEM memerlukan laboratorium canggih atau perangkat robotika mahal masih menjadi hambatan psikologis dan logistik di sekolah-sekolah daerah terpencil atau bersumber daya rendah.

### 3. Strategi Optimalisasi dan Solusi Adaptif

Untuk mengatasi hambatan tersebut, tinjauan ini merekomendasikan beberapa langkah strategis:

1. Pemanfaatan Low-Cost & Recycled Materials (Low-Tech STEM): Pembelajaran STEM di SD tidak harus mahal. Bahan daur ulang seperti kardus, sedotan, botol plastik, stik es krim, dan karet gelang dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk aktivitas rekayasa EDP, sekaligus mengajarkan kepedulian lingkungan.
2. Pelatihan Terintegrasi dan Komunitas Belajar Guru (KKG): Mengembangkan program pengembangan keprofesian berkelanjutan (PKB) bagi guru SD melalui perancangan modul STEM interdisipliner berbasis tema kurikulum nasional.
3. Pengintegrasian Aspek Seni (STEAM): Memasukkan unsur Seni (Arts) ke dalam STEM (STEAM) untuk meningkatkan keterlibatan emosional, estetika, dan kreativitas visual siswa usia muda.

## SIMPULAN

Pembelajaran STEM di sekolah dasar merupakan pendekatan transformatif yang secara terbukti efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Melalui model pembelajaran berbasis proyek (PBL) dan proses desain rekayasa (EDP), siswa melatih indikator kognitif tingkat tinggi seperti analisis, evaluasi, inferensi, dan eksplanasi secara alami dan kontekstual. Integrasi STEM sejak usia dini meletakkan pondasi penting bagi pembentukan generasi berliterasi sains dan berketerampilan memecahkan masalah kompleks abad ke-21.

Bagi Pendidik dan Praktisi Sekolah Dasar: Diharapkan mulai mengadopsi model STEM berbasis bahan lokal (low-cost STEM) dan secara bertahap beralih dari pembelajaran hafalan ke pembelajaran berbasis tantangan dan proyek terpadu. Bagi Pengembang Kurikulum dan Pembuat Kebijakan: Menyediakan panduan integrasi kurikulum STEM yang adaptif dalam Kurikulum Merdeka serta mengalokasikan pelatihan terstruktur bagi guru SD di berbagai wilayah. Bagi Peneliti Selanjutnya: Diperlukan penelitian longitudinal untuk mengukur dampak jangka panjang dari pendedahan STEM di sekolah dasar terhadap prestasi akademik, minat karir STEM, dan daya kritis siswa di jenjang pendidikan menengah.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada pengelola redaksi serta tim reviewer DIDAKTIKA: Jurnal Pengabdian Masyarakat atas kesempatan, masukan, dan bimbingan konstruktif selama proses penelaahan naskah ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada pimpinan dan sivitas akademika STKIP Taman Siswa Bima serta Sekolah Pascasarjana Universitas Negeri Malang atas dukungan fasilitas akademik, motivasi, dan lingkungan penelitian yang sangat kondusif hingga penyusunan artikel ini dapat terselesaikan dengan baik.

Secara khusus, penulis mengungkapkan rasa terima kasih kepada seluruh pendidik, praktisi sekolah dasar, serta para peneliti terdahulu yang karya publikasinya menjadi sumber rujukan dan fondasi penting dalam penyusunan tinjauan literatur mengenai implementasi pembelajaran STEM dan peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa ini. Semoga hasil kajian ini dapat memberikan kontribusi nyata serta masukan strategis bagi pengembangan kurikulum dan pembelajaran STEM yang inklusif di Indonesia.

## Daftar Pustaka

- Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. NSTA Press.
- Ennis, R. H. (2011). The nature of critical thinking: An outline of critical thinking dispositions and abilities. *University of Illinois Press*, 1-8.
- Facione, P. A. (2011). Critical thinking: What it is and why it counts. *Insight Assessment*, 2007(1), 1-23.
- Hadiyani, V. P., Santoso, A., & Anggraini, A. E. (2026). DESIGNING EFFECTIVE SPEAKING PEDAGOGY THROUGH CHILDREN ' S LITERATURE IN ELEMENTARY CLASSROOMS CONCEBER UMA PEDAGOGIA EFICAZ DA EXPRESSÃO ORAL ATRAVÉS DA 1 INTRODUCTION Oral communication

- competence in academic settings extends beyond the ability to artic. *Veredas Do Direito*, 23(5), e235203–e235203. <https://doi.org/10.18623/rvd.v23.5203>
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.). (2014). *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. National Academies Press.
- Laili, D. N., Fithriyah, M., & Hadiyani, V. P. (2025). Pengaruh Model Pembelajaran PJBL Terhadap Kreativitas Siswa Kelas IV Pada Mata Pelajaran SBDP Madrasah Ibtidaiyah. *Pedagogik Journal of Islamic Elementary School*, 8(1), 157–168. <https://doi.org/10.24256/pijies.v8i1.6144>
- Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Pereira, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration models for STEM education. In *Engineering in Pre-College Settings: Research into Practice* (pp. 35–60). Purdue University Press.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., Kelly, D. L., & Fishbein, B. (2020). *TIMSS 2019 International Results in Mathematics and Science*. TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*. OECD Publishing.
- Piaget, J. (1972). *The Psychology of the Child*. Basic Books.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.