Jurnal Ilmiah Cahaya Paud
Jurnal Pendidikan Guru Pendidikan Anak Usia Dini
P-ISSN. 2407-1064 E-ISSN. 2807-5552

Integrasi Pendekatan STEM Pada Pendidikan Anak Usia Dini Dan Pendidikan Dasar

Uci Purnamasari[1], Nur Atikah[2], Eka Sriwahyuni[3], La Suha Ishabu[4], Permata Ashfi Raihana[5]
[1,2]STIT Al-Quraniyah Manna
[3,4]Universitas Pattimura
[5]Universitas Muhammadiyah Surakarta
[1,2]Jl. Affan Bachsin No. 13, Pasar Mulia, Kecamatan Pasar Manna, Kabupaten Bengkulu Selatan, Provinsi Bengkulu 38511
[3,4]Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Kelurahan Rumah Tiga, Kecamatan Teluk Ambon, Kota Ambon, Provinsi Maluku
[5]Jl. A. Yani, Mendungan, Pabelan, Kec. Kartasura, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah 57169
Email: ucipurnamasari@stit-alquraniyah.ac.id[1], nuratikah@stit-alquraniyah.ac.id[2], eka.sriwahyuni@lecturer.unpatti.ac.id[3], ishabusuha@gmail.com[4], par192@ums.ac.id[5]

Abstrak: Penelitian ini bertujuan menyintesis bukti empiris mengenai integrasi pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) pada Pendidikan Anak Usia Dini (PAUD) dan pendidikan dasar, yang dilatarbelakangi oleh kesenjangan antara konsep ideal dan implementasinya dalam pembelajaran. Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan mengacu pada pedoman PRISMA 2020, melalui penelusuran literatur pada sejumlah basis data dan sumber akademik dengan rentang publikasi tahun 2015–2026. Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi STEM merupakan pendekatan pembelajaran interdisipliner yang autentik. Model yang berpotensi dikembangkan meliputi pembelajaran berbasis proyek dan masalah, *Engineering Design Process* (EDP), model sosio-konstruktivis, dan kerangka *inSTEAM*, yang didukung oleh strategi bermain, inkuiri, kolaborasi, dan eksplorasi. Integrasi STEM menunjukkan potensi positif dalam mengembangkan kemampuan kognitif, akademik, sosial-emosional, dan keterampilan abad ke-21 anak. Namun, implementasinya masih menghadapi berbagai tantangan, meliputi ketidakjelasan definisi, keterbatasan kompetensi dan keyakinan guru, kurikulum yang kurang fleksibel, keterbatasan sumber daya, serta minimnya penelitian longitudinal dan lintas budaya, khususnya di kawasan Asia Tenggara. Kajian ini menyimpulkan bahwa keberhasilan integrasi STEM memerlukan pengembangan profesional guru secara berkelanjutan, kepemimpinan sekolah yang mendukung inovasi, kemitraan universitas dan sekolah, keterlibatan orang tua dan komunitas, serta pengembangan instrumen asesmen yang valid, reliabel, dan kontekstual.

Kata kunci: *Integrasi STEM, Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar; Pembelajaran Interdisipliner, Systematic Literature Review*

***Abstract*:** *This study aims to synthesize empirical evidence regarding the integration of the Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) approach in Early Childhood Education (ECE) and primary education, motivated by the gap between ideal concepts and their implementation in classroom practices. This study employed a Systematic Literature Review (SLR) method guided by the PRISMA 2020 guidelines, involving a literature search across several academic databases and sources covering publications from 2015 to 2026. The findings indicate that STEM integration is an authentic interdisciplinary learning approach. Promising models include project-based and problem-based learning, the Engineering Design Process (EDP), socio-constructivist models, and the inSTEAM framework, supported by play-based learning, inquiry, collaboration, and exploration strategies. STEM integration demonstrates positive potential for enhancing children's cognitive and academic abilities, socio-emotional development, and 21st-century skills. However, its implementation continues*

to face several challenges, including conceptual ambiguity, limited teacher competence and self-efficacy, rigid curricula, insufficient learning resources, and a lack of longitudinal and cross-cultural studies, particularly in Southeast Asia. This review concludes that successful STEM integration requires continuous teacher professional development, supportive school leadership, university-school partnerships, parental and community involvement, and the development of valid, reliable, and contextually appropriate assessment instruments.

Keywords: *STEM Integration, Early Childhood Education, Primary Education, Interdisciplinary Learning, Systematic Literature Review*

A. Pendahuluan

Pendidikan abad ke-21 menuntut peserta didik memiliki kemampuan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif. Salah satu pendekatan yang diyakini mampu menjawab tuntutan tersebut adalah integrasi *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM). STEM tidak dimaknai sekadar sebagai penggabungan empat disiplin ilmu, melainkan sebagai pendekatan pembelajaran interdisipliner yang autentik untuk menyelesaikan permasalahan dalam kehidupan nyata (Larkin & Lowrie, 2023). Namun, dalam praktiknya, banyak pembelajaran yang diklaim menerapkan STEM justru masih dilaksanakan secara terpisah antardisiplin ilmu. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara konsep ideal integrasi STEM dan implementasinya di lapangan.

Kesenjangan tersebut juga terjadi pada jenjang Pendidikan Anak Usia Dini (PAUD) dan pendidikan dasar. (Ng et al., 2022) menemukan bahwa integrasi STEM pada jenjang PAUD belum memiliki definisi yang jelas dan kerangka konseptual yang mapan, sehingga praktik penerapannya di lapangan sering kali tidak konsisten dan sulit dievaluasi. Anak usia dini dan anak usia sekolah dasar berada pada fase perkembangan yang sangat responsif terhadap pengalaman belajar yang konkret, eksploratif, dan bermakna (Tippett & Milford, 2017). Oleh karena itu, integrasi STEM pada kedua jenjang pendidikan ini tidak dapat direduksi menjadi sekadar pengajaran konsep-konsep abstrak, tetapi perlu dikembangkan melalui pengalaman bermain, kegiatan inkuiri, dan proyek yang bermakna serta sesuai dengan tahap perkembangan anak (Damjanovic & Ward, 2024; Flanagan et al., 2024).

Secara teoretis, integrasi STEM pada jenjang PAUD dan pendidikan dasar dapat dilandasi oleh teori konstruktivisme dan sosio-konstruktivisme. Afrilliany et al. (2026) merumuskan tujuh prinsip pedagogis STEAM untuk anak usia dini yang menekankan pembelajaran berpusat pada anak, eksplorasi berbasis inkuiri, integrasi kreativitas, dan fasilitasi guru. Prinsip-prinsip tersebut menegaskan bahwa keberhasilan penerapan STEM sangat bergantung pada desain pedagogis yang sesuai dengan karakteristik dan tahap perkembangan anak. Dengan demikian, integrasi STEM perlu dirancang sebagai pengalaman belajar yang memberikan kesempatan kepada anak untuk membangun pengetahuan melalui eksplorasi, interaksi, dan pemecahan masalah.

Berbagai studi menunjukkan bahwa integrasi STEM memberikan dampak positif terhadap perkembangan kognitif, kemampuan akademik, sosial-emosional, dan keterampilan abad ke-21 anak (Ghazali et al., 2026; Taufikin, 2025). Namun, implementasinya di lapangan masih menghadapi berbagai hambatan struktural dan pedagogis. Hambatan tersebut meliputi keterbatasan kompetensi dan keyakinan guru,

kurikulum yang kaku, keterbatasan sumber daya pembelajaran, serta dominasi pendekatan pembelajaran yang terfragmentasi (*silo approach*) sehingga menghambat terwujudnya integrasi antardisiplin ilmu secara autentik (Ismail & Shahpo, 2025; Leung, 2023; Wan et al., 2020).

Meskipun literatur mengenai integrasi STEM terus berkembang, masih terdapat kesenjangan penelitian (*research gap*) yang signifikan. Pertama, penelitian mengenai integrasi STEM masih didominasi oleh studi dari negara-negara Barat, sementara penelitian empiris di kawasan Asia Tenggara, termasuk Indonesia, masih relatif terbatas (Ghazali et al., 2026; Ismail & Shahpo, 2025). Kedua, masih terbatasnya studi longitudinal yang mengkaji dampak jangka panjang integrasi STEM terhadap perkembangan dan hasil belajar anak (Ghazali et al., 2026). Ketiga, masih terdapat ketimpangan dalam representasi komponen teknik dan teknologi pada model STEM terintegrasi, serta terbatasnya instrumen asesmen tervalidasi untuk mengukur hasil belajar STEM pada anak usia dini dan anak usia sekolah dasar.

Oleh karena itu, penyusunan sintesis bukti secara sistematis melalui *Systematic Literature Review* (SLR) menjadi sangat penting untuk memetakan secara komprehensif definisi, model, strategi, dampak, tantangan, dan kesenjangan penelitian terkait integrasi pendekatan STEM pada PAUD dan pendidikan dasar. Kajian ini diharapkan dapat menjembatani kesenjangan antara konsep ideal dan praktik implementasi di lapangan, sekaligus menawarkan peta konseptual yang kontekstual sebagai landasan bagi guru, pengembang kurikulum, dan pembuat kebijakan dalam mengembangkan pembelajaran STEM di Indonesia.

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam kajian ini adalah: (1) bagaimana pendekatan STEM didefinisikan dan diintegrasikan dalam pembelajaran pada jenjang PAUD dan pendidikan dasar; (2) model, strategi, dan pendekatan pedagogis apa saja yang digunakan dalam penerapan STEM; (3) bagaimana dampak integrasi STEM terhadap perkembangan kognitif, bahasa, numerasi, keterampilan proses sains, sosial-emosional, motorik, dan kreativitas anak; (4) bagaimana peran, kompetensi, keyakinan, dan kebutuhan pengembangan profesional guru dalam mengimplementasikan STEM; (5) apa saja tantangan, hambatan, dan faktor pendukung dalam implementasi STEM; (6) alat asesmen dan indikator hasil belajar apa saja yang digunakan untuk mengukur keberhasilan integrasi STEM; serta (7) apa saja kesenjangan penelitian dan arah pengembangan penelitian selanjutnya terkait integrasi STEM pada PAUD dan pendidikan dasar.

Tujuan penulisan ini adalah menyusun *Systematic Literature Review* yang mengidentifikasi, mengevaluasi, dan menyintesis bukti-bukti terkini mengenai integrasi pendekatan STEM pada pendidikan anak usia dini dan pendidikan dasar. Sintesis ini diharapkan dapat memberikan peta konseptual yang jelas mengenai perkembangan integrasi STEM, menawarkan rekomendasi bagi guru, pengembang kurikulum, dan pembuat kebijakan, serta merumuskan agenda penelitian lanjutan yang lebih kontekstual, bersifat longitudinal, dan responsif terhadap keragaman konteks sosial dan budaya.

B. Landasan Teori

Landasan teori dalam kajian ini disusun secara sistematis, bukan sekadar sebagai deskripsi teoretis, melainkan sebagai kerangka konseptual dan pisau analisis untuk mengevaluasi, menginterpretasikan, dan menelaah literatur mengenai integrasi STEM pada pendidikan anak usia dini (PAUD) dan pendidikan dasar. Teori-teori yang dipaparkan berikut digunakan sebagai landasan konseptual untuk menganalisis sejauh mana praktik integrasi STEM dalam berbagai penelitian selaras dengan prinsip-prinsip pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik dan tahap perkembangan anak.

1. Konstruktivisme dan Sosio-Konstruktivisme

   Integrasi STEM yang efektif pada jenjang PAUD dan pendidikan dasar perlu berpijak pada paradigma konstruktivisme dan sosio-konstruktivisme. Konstruktivisme memandang belajar sebagai proses aktif ketika anak membangun pengetahuan berdasarkan pengalaman serta interaksinya dengan lingkungan. Sementara itu, sosio-konstruktivisme yang berakar pada pemikiran Vygotsky menekankan pentingnya dimensi sosial dalam proses pembelajaran melalui konsep *Zone of Proximal Development* (ZPD) dan *scaffolding*. Dalam konteks ini, interaksi dengan orang dewasa, khususnya guru, maupun teman sebaya yang memiliki kemampuan lebih berkembang berperan penting dalam mendukung perkembangan kognitif anak.

   Sebagai pisau analisis, teori ini digunakan untuk mengevaluasi apakah praktik integrasi STEM dalam literatur telah memberikan ruang bagi anak untuk bereksplorasi, berinteraksi, dan membangun pemahaman secara aktif melalui pengalaman belajar, atau justru masih didominasi oleh pendekatan *teacher-centered* yang menempatkan anak sebagai penerima informasi secara pasif.

2. Teori Perkembangan Anak dan Pedagogi Bermakna (Play-Based Learning dan Inquiry-Based Learning)

   Anak usia dini hingga usia sekolah dasar berada pada tahapan perkembangan kognitif yang responsif terhadap pengalaman belajar konkret, eksploratif, dan bermakna. Oleh karena itu, integrasi STEM pada kedua jenjang pendidikan ini tidak dapat direduksi menjadi sekadar pengajaran konsep-konsep abstrak, tetapi harus dikembangkan melalui pendekatan pembelajaran berbasis bermain (*play-based learning*) dan pembelajaran berbasis inkuiri (*inquiry-based learning*). Kegiatan bermain yang terbuka memberikan kesempatan kepada anak untuk mengeksplorasi rasa ingin tahu, membuat prediksi, dan melakukan eksperimen. Sementara itu, pendekatan inkuiri mendorong anak untuk aktif mengajukan pertanyaan, melakukan pengamatan, mengumpulkan informasi, dan mencari solusi terhadap berbagai fenomena yang ditemukan di lingkungan sekitarnya.

   Sebagai pisau analisis, kerangka ini digunakan untuk menilai apakah model integrasi STEM yang dilaporkan dalam literatur telah mempertahankan esensi pembelajaran yang menyenangkan, bermakna, dan sesuai dengan tahap perkembangan anak, atau justru menerapkan pendekatan akademis yang terlalu dini (*academic pushdown*) sehingga kurang memperhatikan karakteristik belajar anak.

3. Model dan Kerangka Integrasi STEM (Termasuk Engineering Design Process)

   Untuk mendukung penerapan integrasi STEM secara autentik, berbagai model dan kerangka konseptual telah dikembangkan. Salah satu kerangka yang fundamental adalah *Engineering Design Process* (EDP), yang memberikan tahapan sistematis bagi anak untuk merancang dan mengembangkan solusi terhadap suatu permasalahan melalui kegiatan mengidentifikasi masalah, membayangkan solusi, merencanakan, membuat, menguji, dan memperbaiki hasil rancangan. Selain EDP, kerangka seperti *inSTEAM* yang mengintegrasikan unsur seni ke dalam STEM serta model pembelajaran berbasis sosio-konstruktivisme menekankan pentingnya keterkaitan antardisiplin ilmu secara koheren dan bermakna, bukan sekadar menggabungkan empat bidang ilmu secara terpisah-pisah (*silo approach*).

   Sebagai pisau analisis, model dan kerangka tersebut digunakan sebagai kriteria evaluasi untuk mengukur kedalaman dan keautentikan integrasi STEM dalam berbagai penelitian yang dikaji. Kerangka ini membantu mengidentifikasi apakah suatu praktik pembelajaran telah mewujudkan integrasi interdisipliner yang bermakna melalui keterkaitan antara sains, teknologi, teknik, dan matematika, atau hanya menggunakan label STEM tanpa menunjukkan keterpaduan antardisiplin ilmu dalam proses pembelajarannya.

4. Sintesis Teori sebagai Kerangka Analisis SLR

   Berdasarkan uraian tersebut, kajian ini menggunakan lima pilar teoretis sebagai landasan analisis untuk menelaah literatur mengenai integrasi STEM pada PAUD dan pendidikan dasar, yaitu:

   a. Sosio-konstruktivisme, digunakan untuk mengevaluasi kualitas interaksi sosial, kolaborasi, dan pemberian *scaffolding* dalam pembelajaran STEM.
   b. Teori perkembangan anak, digunakan untuk menilai kesesuaian praktik integrasi STEM dengan karakteristik dan tahapan perkembangan anak pada jenjang PAUD dan pendidikan dasar.
   c. Model integrasi STEM, seperti *inSTEAM* dan *Engineering Design Process* (EDP), digunakan untuk mengukur kedalaman dan keautentikan integrasi lintas disiplin ilmu.
   d. Prinsip pedagogis STEAM, digunakan untuk menganalisis kualitas desain pembelajaran, termasuk pembelajaran yang berpusat pada anak, eksplorasi berbasis inkuiri, integrasi kreativitas, dan peran fasilitatif guru.
   e. Teori bermain dan inkuiri, digunakan untuk memastikan bahwa integrasi STEM tetap mempertahankan hakikat pembelajaran anak yang aktif, menyenangkan, eksploratif, dan bermakna.

   Melalui kerangka teoretis yang sistematis tersebut, landasan teori tidak hanya berfungsi sebagai dasar konseptual, tetapi juga sebagai perangkat analisis untuk mengidentifikasi kesenjangan penelitian, menelaah kekuatan dan keterbatasan bukti empiris, serta merumuskan rekomendasi pengembangan integrasi STEM yang sesuai dengan karakteristik pendidikan anak usia dini dan pendidikan dasar. Dengan demikian, kelima pilar teoretis tersebut menjadi acuan dalam proses evaluasi dan sintesis temuan pada *Systematic Literature Review* ini.

C. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian merupakan prosedur sistematis yang digunakan peneliti dalam melaksanakan suatu penelitian. Kajian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) yang bertujuan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan menyintesis hasil-hasil penelitian terdahulu secara terstruktur, sistematis, dan transparan. Prosedur pelaksanaan SLR mengacu pada pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020 (Page et al., 2021). Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti memperoleh gambaran yang komprehensif mengenai integrasi pendekatan STEM pada pendidikan anak usia dini dan pendidikan dasar, sekaligus meminimalkan potensi bias dalam proses pemilihan, evaluasi, dan analisis literatur.

1. Strategi Pencarian

   Pencarian literatur dilakukan melalui beberapa sumber informasi akademik, yaitu Scopus, ERIC, ScienceDirect, Google Scholar, dan Consensus. Consensus digunakan sebagai mesin pencari berbasis kecerdasan buatan yang membantu mengidentifikasi dan menelusuri bukti-bukti ilmiah yang relevan. Selain itu, penelusuran manual terhadap daftar referensi artikel yang relevan (*backward citation searching*) juga dilakukan untuk melengkapi hasil pencarian dari sumber-sumber tersebut. Kata kunci dan kombinasi operator Boolean yang digunakan dalam pencarian literatur adalah sebagai berikut:

   ("*STEM education" OR "integrated STEM" OR "STEM approach" OR "STEM integration" OR "interdisciplinary STEM") AND ("early childhood education" OR preschool OR kindergarten OR "early childhood" OR "primary school" OR "elementary school" OR "primary education") AND (integration OR implementation OR curriculum OR intervention OR pedagogy OR teacher OR "professional development" OR outcomes OR assessment*)

   Untuk memperluas cakupan pencarian dan memperoleh literatur yang lebih spesifik, penelusuran tambahan dilakukan menggunakan kombinasi kata kunci berikut:

   - "*early STEM" AND (play-based OR inquiry-based OR project-based)*
   - *"engineering design" AND ("early childhood" OR "elementary school")*
   - *"STEM literacy" AND ("young children" OR "primary students")*
   - *"STEM" AND ("pendidikan anak usia dini" OR "sekolah dasar" OR PAUD OR SD)*

   Rentang waktu publikasi dibatasi pada tahun 2015–2026. Namun, karya-karya seminal yang diterbitkan sebelum periode tersebut tetap dipertimbangkan apabila memiliki relevansi teoretis yang kuat terhadap fokus kajian. Pencarian literatur dibatasi pada publikasi berbahasa Inggris dan bahasa Indonesia.

2. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

   Kriteria inklusi dalam kajian ini meliputi: (1) artikel jurnal yang telah melalui proses *peer review*, prosiding konferensi, tinjauan sistematis, meta-analisis, buku atau bab buku akademik, serta laporan institusional dari lembaga yang kredibel; (2) penelitian empiris dengan prosedur dan metodologi yang dijelaskan secara memadai; (3) penelitian yang berfokus pada anak usia dini hingga anak usia sekolah dasar; (4) penelitian yang secara eksplisit membahas

integrasi STEM dalam konteks PAUD atau pendidikan dasar; serta (5) publikasi yang ditulis dalam bahasa Inggris atau bahasa Indonesia.

Sementara itu, kriteria eksklusi meliputi: (1) penelitian yang hanya berfokus pada pendidikan tinggi tanpa relevansi langsung dengan pendidikan anak usia dini dan pendidikan dasar; (2) penelitian yang membahas STEM secara terpisah tanpa menunjukkan keterkaitan atau integrasi antardisiplin ilmu; (3) artikel opini yang tidak didukung oleh landasan empiris atau teoretis yang memadai; serta (4) penelitian di luar konteks PAUD dan pendidikan dasar, kecuali apabila memberikan landasan teoretis atau kerangka konseptual yang relevan dengan fokus kajian.

3. Proses Penyaringan

Proses penyaringan literatur dilakukan melalui empat tahap sesuai dengan pedoman PRISMA 2020. Tahap pertama adalah *identification* (identifikasi), yaitu mengumpulkan seluruh catatan publikasi yang diperoleh dari berbagai basis data dan sumber informasi lainnya. Tahap kedua adalah *screening* (penyaringan), yaitu mengidentifikasi dan menghapus publikasi duplikat, kemudian menyeleksi judul dan abstrak berdasarkan kesesuaian dengan kriteria inklusi dan eksklusi. Tahap ketiga adalah *eligibility* (penilaian kelayakan), yaitu menelaah teks lengkap artikel yang lolos penyaringan awal untuk memastikan kesesuaiannya dengan fokus dan kriteria penelitian. Tahap keempat adalah *included* (inklusi), yaitu menetapkan artikel yang memenuhi seluruh kriteria untuk dimasukkan dalam proses analisis dan sintesis.

Jumlah catatan yang berhasil diidentifikasi, duplikat yang dihapus, judul dan abstrak yang disaring, teks lengkap yang dinilai kelayakannya, serta artikel yang akhirnya diikutsertakan akan disajikan secara terperinci dalam diagram alur PRISMA 2020. Sebagai pembanding metodologis, (Afriliany et al., 2026) dalam kajian terkait melaporkan sebanyak 327 catatan teridentifikasi, 79 duplikat dihapus, 248 judul dan abstrak disaring, 67 teks lengkap dinilai, dan 30 artikel diikutsertakan. Angka tersebut merupakan hasil penelitian terdahulu dan tidak digunakan sebagai hasil penyaringan dalam kajian ini. Seluruh jumlah publikasi dan artikel yang dilaporkan dalam diagram PRISMA harus didasarkan pada hasil pencarian dan proses penyaringan aktual.

4. Ekstraksi Data

Data dari setiap artikel yang memenuhi kriteria inklusi diekstraksi menggunakan tabel ekstraksi data yang disusun secara sistematis. Tabel tersebut mencakup beberapa komponen, yaitu penulis dan tahun publikasi, negara, konteks penelitian (PAUD/TK/SD), karakteristik usia dan jumlah sampel, desain penelitian, model integrasi STEM, durasi pelaksanaan, instrumen dan indikator hasil belajar, temuan utama, hambatan atau tantangan, keterbatasan penelitian, serta implikasi terhadap praktik pembelajaran.

Proses ekstraksi dilakukan secara sistematis berdasarkan informasi yang tersedia dalam setiap artikel. Data yang telah diekstraksi selanjutnya diperiksa dan diverifikasi untuk memastikan ketepatan, kelengkapan, serta konsistensi informasi. Hasil ekstraksi tersebut menjadi dasar dalam pengelompokan tema,

analisis komparatif, dan penyusunan sintesis bukti mengenai integrasi STEM pada PAUD dan pendidikan dasar.

5. Penilaian Kualitas

   Penilaian kualitas metodologis artikel dilakukan menggunakan instrumen penilaian kritis yang disesuaikan dengan jenis dan desain penelitian. Untuk penelitian kuantitatif, digunakan instrumen *Joanna Briggs Institute* (JBI) *Critical Appraisal Checklist* sesuai dengan desain penelitian yang dianalisis. Untuk penelitian kualitatif, digunakan *Critical Appraisal Skills Programme* (CASP) *Qualitative Checklist*. Sementara itu, untuk artikel tinjauan sistematis dan meta-analisis, digunakan instrumen *A MeaSurement Tool to Assess systematic Reviews* (AMSTAR) 2.

   Penilaian tersebut bertujuan untuk mengevaluasi kualitas metodologis, potensi risiko bias, validitas internal, serta kelengkapan pelaporan hasil penelitian. Hasil penilaian kualitas digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan kekuatan bukti dan menginterpretasikan temuan penelitian. Artikel yang memiliki keterbatasan metodologis tidak secara otomatis dikeluarkan dari kajian, tetapi tetap dipertimbangkan dengan memperhatikan kualitas dan keterbatasan bukti yang dihasilkan.

6. Metode Sintesis

   Sintesis data dilakukan menggunakan pendekatan tematik dan naratif untuk mengidentifikasi pola, persamaan, perbedaan, serta kecenderungan temuan dari berbagai penelitian yang dianalisis. Pertama, data hasil ekstraksi dikelompokkan berdasarkan tema-tema utama yang disesuaikan dengan rumusan masalah penelitian, yaitu: (1) definisi dan landasan teoretis integrasi STEM; (2) model, strategi, dan pendekatan pedagogis integrasi STEM; (3) dampak integrasi STEM terhadap perkembangan dan hasil belajar anak; (4) kesiapan, kompetensi, keyakinan, dan pengembangan profesional guru; (5) kurikulum, asesmen, dan kebijakan pembelajaran STEM; (6) tantangan, hambatan, dan faktor pendukung implementasi; (7) ekuitas, gender, inklusi, dan relevansi budaya lokal; serta (8) kesenjangan penelitian dan arah pengembangan kajian pada masa mendatang.

   Kedua, dilakukan analisis komparatif terhadap temuan penelitian untuk mengidentifikasi konsistensi maupun perbedaan hasil berdasarkan karakteristik sampel, jenjang pendidikan, model pembelajaran, desain penelitian, dan konteks implementasi. Ketiga, sintesis kuantitatif sederhana dapat dilakukan apabila tersedia data numerik yang memadai dan karakteristik penelitian yang dianalisis cukup sebanding. Namun, apabila terdapat heterogenitas yang tinggi pada desain, instrumen, dan indikator hasil penelitian, sintesis dilakukan secara naratif tanpa menggabungkan hasil secara statistik. Keempat, temuan yang bertentangan atau tidak konsisten diidentifikasi dan dibahas secara kritis dengan mempertimbangkan kualitas metodologis serta konteks masing-masing penelitian. Kekuatan bukti selanjutnya dikategorikan menjadi kuat, campuran, dan terbatas berdasarkan jumlah penelitian, kualitas metodologis, serta konsistensi temuan yang diperoleh.

7. Diagram Alur PRISMA

   Diagram alur PRISMA 2020 digunakan untuk menggambarkan secara sistematis seluruh tahapan seleksi literatur, mulai dari identifikasi hingga penetapan artikel yang diikutsertakan dalam kajian. Diagram tersebut menampilkan jumlah catatan yang teridentifikasi dari berbagai basis data dan sumber lainnya, jumlah duplikat yang dihapus, jumlah judul dan abstrak yang disaring, jumlah teks lengkap yang dinilai kelayakannya, jumlah artikel yang diikutsertakan, serta alasan pengeluaran artikel pada setiap tahap penyaringan. Penyajian diagram alur ini bertujuan untuk meningkatkan transparansi, akuntabilitas, dan keterulangan (*reproducibility*) proses tinjauan literatur.

8. Keterbatasan Metode

   Kajian ini memiliki beberapa keterbatasan metodologis yang perlu dipertimbangkan dalam menginterpretasikan hasil sintesis. Pertama, meskipun pencarian literatur dilakukan melalui beberapa sumber informasi akademik utama, masih terdapat kemungkinan bahwa sejumlah penelitian relevan tidak teridentifikasi atau tidak terindeks dalam sumber yang digunakan. Kedua, pembatasan bahasa pada publikasi berbahasa Inggris dan bahasa Indonesia berpotensi menimbulkan bias bahasa serta membatasi cakupan literatur dari negara lain. Ketiga, sebagian besar penelitian mengenai integrasi STEM dalam literatur yang dikaji berpotensi didominasi oleh studi dengan desain jangka pendek dan konteks negara-negara Barat, sehingga generalisasi temuan ke konteks Indonesia dan Asia Tenggara perlu dilakukan secara hati-hati. Keempat, keragaman metodologi penelitian, karakteristik peserta didik, instrumen pengukuran, serta definisi dan model integrasi STEM dapat membatasi kemungkinan dilakukannya sintesis kuantitatif secara lebih mendalam. Berbagai keterbatasan tersebut perlu dipertimbangkan dalam interpretasi hasil kajian, pembahasan, dan perumusan rekomendasi penelitian selanjutnya.

D. Integrasi Pendekatan STEM Pada Pendidikan Anak Usia Dini Dan Pendidikan Dasar

Pembahasan dalam kajian ini menyajikan analisis, evaluasi, interpretasi, dan perbandingan temuan-temuan dari berbagai literatur yang telah ditelaah dengan hasil penelitian terdahulu. Pembahasan disusun secara sistematis berdasarkan pertanyaan penelitian, mulai dari definisi dan landasan teoretis, model dan strategi integrasi, dampak terhadap perkembangan anak, peran dan kompetensi guru, tantangan dan faktor pendukung, asesmen, hingga kesenjangan penelitian dan arah pengembangan pada masa mendatang. Setiap subbagian mengintegrasikan berbagai referensi utama dengan membandingkan temuan yang menunjukkan kesesuaian maupun perbedaan. Selain itu, keterbatasan bukti empiris dan implikasinya terhadap pengembangan penelitian selanjutnya turut dianalisis.

1. Definisi dan Landasan Teoretis Integrasi STEM
   a. Definisi STEM dalam Konteks PAUD dan Pendidikan Dasar

      Hasil sintesis menunjukkan bahwa definisi integrasi STEM dalam literatur masih beragam dan belum sepenuhnya mapan, terutama pada jenjang pendidikan anak usia dini. (Ng et al., 2022) menegaskan bahwa integrasi

STEAM pada jenjang PAUD belum memiliki definisi yang jelas, sehingga praktik pembelajaran di lapangan sering kali tidak konsisten dan sulit dievaluasi. (Larkin & Lowrie, 2023) menemukan bahwa banyak penelitian mengklaim telah menerapkan integrasi STEM, tetapi dalam praktiknya masih terjebak pada pendekatan *silo*, yaitu pembelajaran setiap disiplin ilmu yang dilaksanakan secara terpisah. Temuan tersebut sejalan dengan (Hourigan et al., 2021) yang menyoroti belum adanya definisi bersama dan penggunaan terminologi yang konsisten mengenai integrasi STEM pada pendidikan dasar. Berbeda dengan pandangan tersebut, (Toma et al., 2024) menawarkan definisi yang lebih operasional melalui model didaktik sosio-konstruktivis yang menghubungkan inkuiri ilmiah, desain teknik, dan berpikir komputasional. Perbedaan konseptual ini menunjukkan bahwa integrasi STEM belum memiliki kerangka implementasi yang seragam dan berdampak pada variasi model pembelajaran, strategi pedagogis, serta instrumen asesmen yang digunakan dalam berbagai penelitian. Dengan demikian, diperlukan pemahaman konseptual yang lebih jelas agar penerapan STEM pada PAUD dan pendidikan dasar tidak hanya didasarkan pada penggabungan materi, tetapi juga pada keterkaitan antardisiplin ilmu dalam proses pemecahan masalah.

b. Landasan Teoretis

Secara teoretis, integrasi STEM pada jenjang PAUD dan pendidikan dasar dapat dilandasi oleh teori konstruktivisme dan sosio-konstruktivisme. (Toma et al., 2024) mengintegrasikan pemikiran Piaget, Vygotsky, Ausubel, dan Bruner ke dalam model didaktik untuk pembelajaran STEM terintegrasi. Model tersebut menekankan bahwa pengetahuan dibangun melalui pengalaman konkret, interaksi sosial, dan proses refleksi. Sejalan dengan pandangan tersebut, (Afriliany et al., 2026) mengidentifikasi tujuh prinsip pedagogis STEAM yang sesuai dengan karakteristik perkembangan anak, yaitu pembelajaran berpusat pada anak, eksplorasi berbasis inkuiri, pembelajaran eksperiensial dan berbasis bermain, integrasi interdisipliner, integrasi kreativitas dan seni, pembelajaran kolaboratif, serta fasilitasi guru. Prinsip-prinsip tersebut menegaskan bahwa pembelajaran STEM pada anak usia dini tidak dapat direduksi menjadi pengajaran konsep-konsep abstrak, tetapi harus memberikan kesempatan kepada anak untuk membangun pengetahuan melalui pengalaman langsung.

Sementara itu, (Tippett & Milford, 2017) menjelaskan bahwa anak-anak memiliki kecenderungan alami untuk mengamati, bertanya, memprediksi, dan bereksperimen terhadap berbagai fenomena di lingkungan sekitarnya. Temuan tersebut memperkuat pandangan bahwa pembelajaran STEM perlu dikembangkan dengan memanfaatkan rasa ingin tahu dan potensi eksplorasi anak. Dengan demikian, landasan teoretis integrasi STEM pada PAUD dan pendidikan dasar harus berpijak pada karakteristik perkembangan anak, pengalaman belajar konkret, interaksi sosial, dan keterlibatan aktif dalam proses pembelajaran, bukan pada penerapan pendekatan akademis yang terlalu dini.

2. Model dan Strategi Integrasi STEM
   a. Model Integrasi

Analisis terhadap literatur mengidentifikasi beberapa model integrasi STEM yang banyak digunakan pada jenjang PAUD dan pendidikan dasar. Pertama, model pembelajaran berbasis proyek dan masalah (*project-based learning* dan *problem-based learning*) yang menekankan penyelesaian permasalahan autentik dalam kehidupan sehari-hari. (Larkin & Lowrie, 2023) menegaskan bahwa pendekatan tersebut memiliki potensi besar dalam mewujudkan integrasi STEM secara autentik karena memungkinkan peserta didik menghubungkan berbagai disiplin ilmu dalam menyelesaikan suatu permasalahan.

Kedua, model *Engineering Design Process* (EDP) yang memberikan tahapan sistematis dalam pembelajaran berbasis inkuiri dan pemecahan masalah. (Flanagan et al., 2024) menunjukkan bahwa EDP membantu guru mengatasi keterbatasan pemahaman mengenai integrasi STEM melalui kegiatan perancangan dan pengujian solusi. (Ghazali et al., 2026) menambahkan bahwa EDP dapat menjembatani ketidakjelasan pedagogis sekaligus menghubungkan konsep-konsep disipliner yang abstrak dengan pengalaman belajar yang lebih konkret.

Ketiga, model sosio-konstruktivis yang menghubungkan inkuiri ilmiah, desain teknik, dan berpikir komputasional sebagaimana dikembangkan oleh (Toma et al., 2024). Keempat, kerangka *inSTEAM* yang dibahas oleh (Ng et al., 2022), yang menekankan integrasi unsur seni dengan disiplin STEM untuk memperluas pengalaman belajar dan kreativitas anak. Kelima, model integratif yang melibatkan orang tua dan komunitas dalam proses pembelajaran, sebagaimana ditunjukkan oleh (Ata-Aktürk & Demircan, 2020) serta (Damjanovic & Ward, 2024). Berbagai model tersebut menunjukkan bahwa integrasi STEM dapat diterapkan melalui pendekatan yang beragam sesuai dengan karakteristik peserta didik, tujuan pembelajaran, dan konteks pendidikan. Perbandingan model integrasi STEM tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Model Integrasi STEM pada PAUD dan Pendidikan Dasar

No	Model	Penulis Utama	Fokus Utama	Setting
1	*Project/Problem-Based Learning*	(Larkin & Lowrie, 2023)	Masalah dunia nyata, interdisipliner	SD
2	*Engineering Design Process*	(Flanagan et al., 2024)	Desain teknik, inkuiri terbuka	SD
3	*Sosio-Konstruktivis*	(Toma et al., 2024)	Inkuiri ilmiah, berpikir komputasional	SD
4	*inSTEAM*	(Ng et al., 2022)	Integrasi seni dan STEM	PAUD
5	*Parent-Involved Engineering*	(Ata-Aktürk & Demircan, 2020)	Keterlibatan orang tua, desain teknik	PAUD
6	*Inquiry-Based*	(Damjanovic &	Proyek autentik,	PAUD

	Project	Ward, 2024)	kemitraan komunitas	

Perbandingan pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa setiap model memiliki penekanan yang berbeda. Model berbasis proyek dan masalah lebih menonjolkan pemecahan masalah autentik, sedangkan EDP memberikan struktur yang lebih sistematis dalam proses perancangan solusi. Model sosio-konstruktivis menekankan keterkaitan pengalaman belajar dengan interaksi sosial, sementara *inSTEAM* memperluas integrasi melalui unsur kreativitas dan seni. Di sisi lain, model yang melibatkan orang tua dan komunitas memperlihatkan bahwa pembelajaran STEM tidak hanya berlangsung di lingkungan sekolah, tetapi juga dapat dikembangkan melalui pengalaman anak dalam kehidupan sehari-hari.

b. Strategi Pedagogis

Strategi pedagogis yang efektif dalam integrasi STEM pada jenjang PAUD dan pendidikan dasar meliputi pembelajaran berbasis bermain, inkuiri, eksplorasi, dan kolaborasi. (Flanagan et al., 2024) menekankan pentingnya pengalaman bermain terbuka yang memungkinkan anak mengeksplorasi rasa ingin tahu, membuat prediksi, serta melakukan eksperimen. Pendekatan tersebut memberikan kesempatan kepada anak untuk terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran dan membangun pemahaman berdasarkan pengalaman langsung.

(Ismail & Shahpo, 2025) menemukan bahwa integrasi STEM di taman kanak-kanak dapat mendorong kreativitas dan rasa ingin tahu anak, tetapi penerapannya membutuhkan kurikulum yang fleksibel serta lingkungan belajar yang mendukung. (Wang & Mihai, 2024) menunjukkan bahwa guru prasekolah menggunakan pendekatan transdisipliner, interdisipliner, dan eksplorasi mandiri untuk menciptakan pengalaman STEM yang inklusif dan memberikan kesempatan belajar yang setara. Sementara itu, (Afriliany et al., 2026) menegaskan bahwa pembelajaran kolaboratif dan fasilitasi guru merupakan prinsip pedagogis yang mendukung kebermaknaan pengalaman belajar anak.

Jika dibandingkan, berbagai temuan tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan integrasi STEM tidak hanya ditentukan oleh model pembelajaran yang digunakan, tetapi juga oleh kualitas strategi pedagogis dalam pelaksanaannya. Pembelajaran berbasis bermain memberikan ruang eksplorasi, inkuiri mendorong kemampuan bertanya dan menyelidiki, sedangkan kolaborasi memperkuat kemampuan anak dalam berinteraksi dan membangun pemahaman bersama. Oleh karena itu, strategi pedagogis yang efektif perlu memadukan bermain, inkuiri, kolaborasi, dan keterkaitan antardisiplin ilmu secara seimbang dengan tetap memperhatikan tahap perkembangan anak.

3. Dampak Integrasi STEM terhadap Perkembangan Anak

a. Perkembangan Kognitif dan Akademik

Bukti dari berbagai literatur menunjukkan bahwa integrasi STEM berpotensi memberikan dampak positif terhadap perkembangan kognitif dan

kemampuan akademik anak. (Ghazali et al., 2026), melalui *umbrella review* terhadap 13 tinjauan sistematis dan meta-analisis, menemukan bahwa intervensi STEM yang dirancang secara terencana memberikan dampak positif terhadap kemampuan pemecahan masalah (*pooled effect size* = 0,306), literasi sains, dan kompetensi matematika anak usia 4–6 tahun. Efek pada aspek kolaborasi dan berpikir komputasional dilaporkan lebih tinggi (ES = 0,875), terutama pada pembelajaran yang didukung oleh robotika edukatif dan platform digital seperti ScratchJr.

(Adesuyi-Fasuyi, 2023) menegaskan bahwa pengalaman STEM sejak dini dapat memperkuat fungsi eksekutif, penalaran spasial, dan kompetensi akademik yang lebih luas. Sejalan dengan temuan tersebut, (Taufikin, 2025) menyimpulkan bahwa pembelajaran STEM mendorong penalaran analitis, motivasi belajar, resiliensi, dan pemikiran inovatif. Sementara itu, (Tippett & Milford, 2017) melaporkan adanya peningkatan keterlibatan anak dengan konsep-konsep STEM melalui pengalaman pembelajaran di kelas prasekolah.

Secara keseluruhan, temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa integrasi STEM memiliki potensi untuk mengembangkan kemampuan berpikir, pemecahan masalah, dan penguasaan konsep dasar sains serta matematika. Meskipun demikian, besarnya dampak yang dilaporkan perlu diinterpretasikan dengan mempertimbangkan perbedaan desain penelitian, karakteristik peserta didik, jenis intervensi, dan instrumen pengukuran yang digunakan. Dengan demikian, dampak positif integrasi STEM tidak dapat dilepaskan dari kualitas desain pembelajaran dan kesesuaiannya dengan kebutuhan perkembangan anak.

b. Perkembangan Sosial-Emosional dan Keterampilan Abad ke-21

Selain berdampak pada perkembangan kognitif, integrasi STEM juga berkontribusi terhadap perkembangan sosial-emosional dan keterampilan abad ke-21. (Ismail & Shahpo, 2025) menemukan bahwa pembelajaran STEM integratif dapat menumbuhkan rasa ingin tahu, kreativitas, dan perkembangan anak secara holistik. (Movahedazarhouligh et al., 2023) melaporkan bahwa anak-anak menunjukkan peningkatan minat terhadap topik STEM setelah guru mengikuti program pengembangan profesional dan menerapkan kurikulum terintegrasi.

(Wang & Mihai, 2024) mencatat bahwa guru mengamati perkembangan hasil belajar yang berkaitan langsung dengan STEM maupun kemampuan di luar disiplin STEM, termasuk peningkatan kolaborasi dan komunikasi. (Afriliany et al., 2026) juga menegaskan bahwa pembelajaran kolaboratif dalam STEAM mendukung anak dalam membangun pemahaman dan menghubungkan pengalaman belajar lintas domain. Temuan-temuan tersebut memperlihatkan bahwa pembelajaran STEM tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep sains, teknologi, teknik, dan matematika, tetapi juga memberikan kesempatan kepada anak untuk mengembangkan kemampuan berkomunikasi, bekerja sama, berkreasi, dan menyelesaikan masalah.

Namun, terdapat keterbatasan dalam bukti empiris yang tersedia. Sebagian penelitian masih mengandalkan laporan guru dan hasil observasi

dalam jangka waktu relatif pendek. Kondisi tersebut menyebabkan bukti mengenai keberlanjutan dampak integrasi STEM terhadap perkembangan sosial-emosional dan keterampilan abad ke-21 belum sepenuhnya kuat. (Ghazali et al., 2026) secara khusus mengungkapkan bahwa penelitian longitudinal yang mengkaji keberlanjutan dampak STEM masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan penelitian jangka panjang untuk mengetahui sejauh mana keterampilan yang dikembangkan melalui pembelajaran STEM dapat bertahan dan berkontribusi terhadap perkembangan anak pada jenjang pendidikan berikutnya.

4. Peran, Kompetensi, dan Pengembangan Profesional Guru
   a. Peran Guru

      Integrasi STEM menuntut perubahan peran guru dari penyampai pengetahuan menjadi fasilitator yang mendukung keterlibatan aktif anak dalam proses pembelajaran. (Leung, 2023) menemukan bahwa peran guru PAUD mengalami pergeseran dari pendekatan *teacher-centered knowledge delivery* menuju fasilitasi pembelajaran yang berkaitan dengan STEM (*fostering STEM-related learning*). Perubahan tersebut menimbulkan tantangan pedagogis karena guru tidak hanya dituntut menguasai materi STEM, tetapi juga mampu merancang pembelajaran berbasis inkuiri dan mendukung perkembangan anak secara holistik.

      (Wang & Mihai, 2024) menegaskan bahwa guru perlu merancang pengalaman belajar secara sengaja agar dapat diakses dan diikuti oleh seluruh anak dengan karakteristik dan kebutuhan yang beragam. (Afriliany et al., 2026) juga menempatkan fasilitasi guru sebagai salah satu dari tujuh prinsip pedagogis STEAM yang saling berkaitan. Dengan demikian, peran guru dalam integrasi STEM bersifat multidimensional, mencakup perancang pembelajaran, fasilitator eksplorasi dan inkuiri, pengarah interaksi kolaboratif, serta pendukung perkembangan anak. Peran tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan integrasi STEM sangat bergantung pada kemampuan guru dalam menciptakan lingkungan belajar yang mendorong anak untuk bertanya, mencoba, mengamati, dan menemukan solusi secara mandiri maupun bersama teman sebaya.

   b. Kompetensi dan Keyakinan Guru

      Literatur menunjukkan bahwa guru PAUD dan pendidikan dasar masih menghadapi keterbatasan kompetensi dan keyakinan dalam mengintegrasikan STEM ke dalam pembelajaran. (Wan et al., 2020) melaporkan bahwa sebagian guru kurang percaya diri, merasa memiliki keterbatasan pengetahuan konten, serta mengkhawatirkan perbedaan tahap perkembangan dan aspek keamanan anak dalam kegiatan STEM. (Ismail & Shahpo, 2025) mengidentifikasi hambatan lain berupa pelatihan yang belum memadai, kurikulum yang kaku, dan keterbatasan sumber daya pembelajaran. Sementara itu, (Hourigan et al., 2021) menyoroti belum adanya definisi bersama mengenai integrasi STEM yang menyebabkan guru mengalami kesulitan dalam membangun pemahaman konseptual dan pedagogis yang koheren.

Meskipun demikian, beberapa penelitian menunjukkan bahwa keyakinan dan kompetensi guru dapat ditingkatkan melalui program pengembangan profesional yang tepat. (Movahedazarhouligh et al., 2023) menemukan bahwa pengembangan profesional dan ketersediaan materi STEM dapat meningkatkan keyakinan guru sekaligus mendorong minat anak terhadap topik STEM. (Kewalramani et al., 2025) menunjukkan bahwa calon guru PAUD yang memperoleh pengalaman teoretis dan praktik lapangan secara terintegrasi memiliki kepercayaan diri serta pengetahuan konten pedagogis yang lebih baik.

Perbandingan temuan tersebut menunjukkan bahwa keterbatasan kompetensi guru tidak hanya berkaitan dengan penguasaan materi, tetapi juga dengan keyakinan diri, pemahaman pedagogis, dan kesempatan untuk memperoleh pengalaman praktik. Oleh karena itu, peningkatan kompetensi guru perlu mencakup penguasaan konten STEM, kemampuan mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu, keterampilan merancang pembelajaran berbasis inkuiri, serta kemampuan menyesuaikan kegiatan dengan karakteristik perkembangan anak.

c. Pengembangan Profesional

Pengembangan profesional merupakan salah satu faktor penting dalam mendukung keberhasilan integrasi STEM. (MacDonald et al., 2023), melalui *scoping review*, menemukan bahwa program pengembangan profesional STEM pada jenjang PAUD menunjukkan hasil yang positif, tetapi basis bukti penelitiannya masih terbatas, dengan hanya 22 artikel yang memenuhi kriteria kajian. Sebagian besar program menggunakan pendekatan lokakarya atau pelatihan dalam jabatan (*workshop/in-service training*), sedangkan penelitian yang secara eksplisit mendeskripsikan integrasi keempat disiplin STEM masih relatif sedikit.

(Flanagan et al., 2024) menunjukkan bahwa penerapan *lesson study* selama satu tahun ajaran membantu guru mengatasi keterbatasan pemahaman melalui siklus perencanaan, observasi, dan refleksi kolaboratif. (Kewalramani et al., 2025) juga menekankan pentingnya kemitraan antara universitas dan sekolah dalam menciptakan pengalaman pembelajaran STEM yang mendalam dan kontekstual. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pengembangan profesional tidak cukup dilakukan melalui pelatihan satu kali, tetapi perlu dilaksanakan secara berkelanjutan dengan melibatkan praktik langsung, pendampingan, refleksi, dan kolaborasi antarguru.

Dengan demikian, pengembangan profesional yang efektif perlu dirancang secara berkelanjutan, kolaboratif, dan terintegrasi dengan praktik pembelajaran di kelas. Pendekatan tersebut diharapkan dapat meningkatkan kompetensi sekaligus keyakinan guru dalam menerapkan integrasi STEM secara autentik dan sesuai dengan kebutuhan perkembangan anak.

5. Tantangan, Hambatan, dan Faktor Pendukung

a. Tantangan dan Hambatan

Analisis tematik terhadap literatur mengungkapkan beberapa tantangan utama dalam penerapan integrasi STEM pada jenjang PAUD dan

pendidikan dasar. Pertama, ketidakjelasan definisi dan kerangka konseptual integrasi STEM yang menyebabkan perbedaan pemahaman dan praktik pembelajaran (Ng et al., 2022; Hourigan et al., 2021). Kedua, keterbatasan kompetensi dan keyakinan guru dalam mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu ke dalam pembelajaran (Wan et al., 2020; Leung, 2023). Ketiga, kurikulum yang kaku dan keterbatasan sumber daya pembelajaran yang menghambat pelaksanaan kegiatan STEM secara fleksibel (Ismail & Shahpo, 2025).

Keempat, dominasi pendekatan *silo* yang menyebabkan setiap disiplin ilmu diajarkan secara terpisah dan menghambat terbentuknya integrasi autentik (Larkin & Lowrie, 2023). Kelima, masih terbatasnya penelitian longitudinal dan lintas budaya (*cross-cultural studies*) yang dapat menjelaskan keberlanjutan dampak integrasi STEM dalam berbagai konteks pendidikan (Ghazali et al., 2026). Keenam, ketimpangan representasi komponen teknik dan teknologi dalam model STEM terintegrasi (Ghazali et al., 2026). Ketujuh, tantangan dalam menciptakan pengalaman pembelajaran STEM yang inklusif dan memberikan kesempatan yang setara bagi seluruh anak (Wang & Mihai, 2024).

Berbagai hambatan tersebut menunjukkan bahwa permasalahan implementasi STEM tidak berdiri sendiri, tetapi saling berkaitan. Keterbatasan kompetensi guru, misalnya, dapat diperburuk oleh kurikulum yang kurang fleksibel dan keterbatasan sumber daya. Demikian pula, ketidakjelasan kerangka konseptual dapat menyebabkan penerapan STEM hanya sebatas penggabungan materi tanpa keterkaitan antardisiplin ilmu. Oleh karena itu, penyelesaian hambatan integrasi STEM membutuhkan pendekatan yang sistematis dan dukungan dari berbagai unsur dalam ekosistem pendidikan.

b. Faktor Pendukung

Meskipun penerapan integrasi STEM menghadapi berbagai tantangan, literatur juga mengidentifikasi sejumlah faktor yang mendukung keberhasilannya. Pertama, kepemimpinan sekolah yang kuat dan komitmen terhadap inovasi pembelajaran (Taufikin, 2025). Kedua, keterlibatan orang tua dan komunitas dalam memberikan pengalaman belajar yang relevan dengan kehidupan sehari-hari anak (Ata-Aktürk & Demircan, 2020; Damjanovic & Ward, 2024). Ketiga, ketersediaan sumber daya dan materi pembelajaran STEM yang memadai (Movahedazarhouligh et al., 2023). Keempat, pengembangan profesional guru yang berkelanjutan dan kolaboratif (MacDonald et al., 2023; Flanagan et al., 2024).

Kelima, kemitraan antara universitas dan sekolah dalam mendukung pengembangan kompetensi serta praktik pembelajaran STEM (Kewalramani et al., 2025). Keenam, kurikulum yang fleksibel dan responsif terhadap kebutuhan serta karakteristik perkembangan anak (Ismail & Shahpo, 2025). Ketujuh, alokasi waktu yang memadai untuk mendukung kegiatan pembelajaran berbasis inkuiri dan bermain (Taufikin, 2025).

Perbandingan antara tantangan dan faktor pendukung menunjukkan bahwa keberhasilan integrasi STEM tidak hanya bergantung pada kemampuan

individu guru, tetapi juga pada dukungan kelembagaan, ketersediaan sumber daya, fleksibilitas kurikulum, dan keterlibatan lingkungan sosial. Dengan demikian, integrasi STEM perlu dipandang sebagai bagian dari ekosistem pendidikan yang melibatkan sekolah, keluarga, perguruan tinggi, komunitas, dan pembuat kebijakan.

Tabel 2. Tantangan dan Faktor Pendukung Integrasi STEM

No	Tantangan	Faktor Pendukung
1	Ketidakjelasan definisi dan kerangka	Kepemimpinan sekolah yang kuat
2	Keterbatasan kompetensi guru	Keterlibatan orang tua dan komunitas
3	Kurikulum kaku dan sumber daya terbatas	Ketersediaan sumber daya dan materi
4	Dominasi pendekatan silo	Pengembangan profesional berkelanjutan
5	Minimnya studi longitudinal	Kemitraan universitas-sekolah
6	Ketimpangan komponen teknik dan teknologi	Kurikulum fleksibel dan responsif
7	Tantangan inklusi dan ekuitas	Alokasi waktu untuk inkuiri dan bermain

6. Asesmen dan Ukuran Hasil

Literatur menunjukkan adanya variasi yang cukup besar dalam penggunaan instrumen asesmen dan indikator hasil untuk mengevaluasi penerapan integrasi STEM. (Ghazali et al., 2026) menggunakan ukuran *effect size* untuk menganalisis dampak intervensi terhadap kemampuan pemecahan masalah, literasi sains, kompetensi matematika, kolaborasi, dan berpikir komputasional. Sementara itu, (Tippett & Milford, 2017) menggunakan protokol observasi kelas, wawancara semi-terstruktur, diskusi kelompok terarah (*focus group*), dan kuesioner untuk mengevaluasi keterlibatan anak serta persepsi orang tua terhadap pembelajaran STEM.

(Wan et al., 2020) menyoroti pentingnya pengukuran sikap, keyakinan, dan persepsi guru serta orang tua terhadap STEM. (Movahedazarhouligh et al., 2023) menggunakan wawancara untuk mengeksplorasi keyakinan dan praktik pedagogis guru. Di sisi lain, (Flanagan et al., 2024) mengumpulkan data kualitatif melalui wawancara, rencana pembelajaran, pertemuan kolaboratif mingguan, dan lembar observasi. Berbagai pendekatan tersebut menunjukkan bahwa evaluasi integrasi STEM tidak hanya berorientasi pada pencapaian akademik anak, tetapi juga mencakup proses pembelajaran, keterlibatan peserta didik, kompetensi guru, serta dukungan lingkungan pendidikan.

Meskipun demikian, masih terbatas penelitian yang menggunakan instrumen asesmen tervalidasi untuk mengukur perkembangan anak secara komprehensif dalam konteks integrasi STEM. (Ghazali et al., 2026) mencatat bahwa keterbatasan penelitian yang secara khusus menguji efektivitas perangkat digital turut membatasi pengambilan keputusan pedagogis berbasis bukti. Kondisi

ini menunjukkan perlunya pengembangan instrumen asesmen yang valid, reliabel, dan sesuai dengan karakteristik perkembangan anak. Selain itu, asesmen perlu mempertimbangkan indikator yang mencakup kemampuan berpikir kritis, kreativitas, pemecahan masalah, kolaborasi, komunikasi, dan keterampilan proses sains. Dengan demikian, evaluasi pembelajaran STEM dapat memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai perkembangan dan hasil belajar anak.

7. Celah Penelitian dan Arah Masa Depan

Analisis terhadap literatur mengungkapkan sejumlah kesenjangan penelitian yang perlu mendapatkan perhatian dalam pengembangan integrasi STEM pada PAUD dan pendidikan dasar. Pertama, penelitian masih didominasi oleh studi dari negara-negara Barat, sedangkan penelitian empiris dari kawasan Asia Tenggara, termasuk Indonesia, masih relatif terbatas (Ghazali et al., 2026; Ismail & Shahpo, 2025). Kedua, masih terbatasnya penelitian longitudinal yang mengkaji dampak jangka panjang integrasi STEM terhadap perkembangan anak (Ghazali et al., 2026). Ketiga, keterbatasan penelitian lintas budaya yang mempertimbangkan karakteristik sosial dan budaya lokal dalam penerapan STEM (Ghazali et al., 2026).

Keempat, masih terdapat ketimpangan representasi komponen teknik dan teknologi dalam model integrasi STEM (Ghazali et al., 2026). Kelima, masih terbatasnya penelitian yang menghubungkan praktik pedagogis pada jenjang PAUD dengan pendidikan dasar secara berkelanjutan (Ghazali et al., 2026). Keenam, terbatasnya penelitian yang secara khusus menguji efektivitas penggunaan teknologi digital dan robotika dalam pembelajaran STEM (Ghazali et al., 2026). Ketujuh, masih kurangnya penelitian mengenai pengembangan dan validasi instrumen asesmen untuk mengukur hasil belajar STEM secara komprehensif. Kedelapan, masih terbatasnya penelitian yang secara khusus mengkaji aspek kesetaraan, gender, dan inklusi dalam pembelajaran STEM pada jenjang PAUD dan pendidikan dasar (Wang & Mihai, 2024). Kesembilan, masih terbatasnya kajian mengenai peran orang tua dan komunitas dalam mendukung ekosistem pembelajaran STEM (Ata-Aktürk & Demircan, 2020; Damjanovic & Ward, 2024). Kesepuluh, diperlukan penelitian empiris yang menguji penerapan berbagai model integrasi STEM dalam konteks kurikulum nasional yang berbeda, termasuk konteks pendidikan di Indonesia (Toma et al., 2024).

Berdasarkan kesenjangan tersebut, arah penelitian pada masa mendatang perlu mencakup beberapa aspek. Pertama, penelitian longitudinal yang mengkaji keberlanjutan dampak pembelajaran STEM sejak PAUD hingga pendidikan dasar. Kedua, penelitian lintas budaya yang mempertimbangkan kearifan lokal dan karakteristik sosial budaya dalam pengembangan pembelajaran STEM. Ketiga, pengembangan dan validasi instrumen asesmen STEM yang sesuai dengan karakteristik anak usia dini dan anak usia sekolah dasar. Keempat, penelitian empiris mengenai efektivitas model integrasi STEM dalam konteks kurikulum nasional Indonesia. Kelima, penelitian mengenai pengembangan profesional guru yang berkelanjutan melalui kemitraan antara perguruan tinggi dan satuan pendidikan. Keenam, kajian mengenai peran orang tua dan komunitas dalam membangun ekosistem pembelajaran STEM. Ketujuh, penelitian yang mengkaji

kesetaraan, gender, dan inklusi dalam pendidikan STEM. Kedelapan, penelitian mengenai integrasi teknologi digital dan robotika yang sesuai dengan tahap perkembangan anak (*developmentally appropriate*).

Secara khusus, konteks Indonesia memberikan peluang penelitian yang penting karena integrasi STEM dapat dikembangkan dengan memanfaatkan lingkungan alam, budaya lokal, dan permasalahan nyata yang dekat dengan kehidupan anak. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya tidak hanya perlu menguji efektivitas model pembelajaran, tetapi juga mengembangkan pendekatan STEM yang kontekstual, inklusif, dan responsif terhadap keragaman karakteristik satuan pendidikan.

8. Keterbatasan Penelitian

Kajian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menginterpretasikan hasil sintesis. Pertama, meskipun pencarian literatur dilakukan melalui beberapa sumber informasi akademik utama, masih terdapat kemungkinan bahwa sejumlah artikel relevan tidak teridentifikasi atau tidak terindeks, terutama publikasi lokal di Indonesia. Kedua, pembatasan bahasa pada publikasi berbahasa Inggris dan bahasa Indonesia berpotensi menimbulkan bias bahasa dan membatasi cakupan literatur dari negara lain.

Ketiga, sebagian besar penelitian yang dibahas menggunakan desain jangka pendek dan berasal dari konteks negara-negara Barat, sehingga generalisasi temuan ke konteks Indonesia dan Asia Tenggara perlu dilakukan secara hati-hati. Keempat, heterogenitas metodologi, karakteristik peserta didik, instrumen pengukuran, serta definisi integrasi STEM yang beragam menyulitkan dilakukannya sintesis kuantitatif secara ketat. Kelima, meskipun penilaian kualitas metodologis telah dipertimbangkan, tidak semua penelitian melaporkan informasi yang memadai untuk memungkinkan penilaian risiko bias secara menyeluruh.

Berbagai keterbatasan tersebut menunjukkan bahwa hasil kajian perlu diinterpretasikan dengan mempertimbangkan karakteristik dan kualitas bukti yang tersedia. Oleh karena itu, temuan dalam kajian ini lebih tepat digunakan sebagai dasar untuk memahami kecenderungan perkembangan integrasi STEM, mengidentifikasi kesenjangan penelitian, dan merumuskan rekomendasi pengembangan pembelajaran, bukan sebagai generalisasi mutlak terhadap seluruh konteks pendidikan anak usia dini dan pendidikan dasar.

E. Simpulan

Integrasi pendekatan STEM pada pendidikan anak usia dini dan pendidikan dasar belum memiliki definisi tunggal, tetapi dipahami sebagai pendekatan interdisipliner yang autentik dan harus berpijak pada konstruktivisme serta sosio-konstruktivisme. Model yang menjanjikan meliputi pembelajaran berbasis proyek dan masalah, *Engineering Design Process*, model *sosio-konstruktivis*, *inSTEAM*, serta pelibatan orang tua dan komunitas, dengan strategi bermain, inkuiri, kolaborasi, dan eksplorasi terbuka. Integrasi STEM terbukti berdampak positif terhadap perkembangan kognitif, akademik, sosial-emosional, dan keterampilan abad 21, meskipun bukti masih didominasi studi jangka pendek dari negara Barat. Peran guru bergeser menjadi fasilitator, sehingga kompetensi, keyakinan, dan pengembangan

profesional berkelanjutan menjadi prasyarat utama. Tantangan utama meliputi ketidakjelasan definisi, keterbatasan kapasitas guru, kurikulum kaku, sumber daya terbatas, pendekatan silo, minimnya studi longitudinal, ketimpangan komponen teknik dan teknologi, serta isu inklusi dan ekuitas. Faktor pendukungnya adalah kepemimpinan sekolah, keterlibatan orang tua dan komunitas, ketersediaan sumber daya, kemitraan universitas-sekolah, kurikulum fleksibel, dan alokasi waktu yang melindungi inkuiri dan bermain.

Asesmen dan ukuran hasil dalam literatur masih beragam dan minim instrumen tervalidasi, sehingga pengembangan asesmen STEM yang valid, reliabel, dan kontekstual menjadi kebutuhan mendesak. Celah penelitian utama adalah dominasi studi Barat, minimnya penelitian Asia Tenggara termasuk Indonesia, langkanya studi longitudinal dan lintas budaya, serta terbatasnya kajian tentang teknologi, ekuitas, gender, inklusi, dan peran orang tua. Oleh karena itu, guru disarankan mengembangkan pembelajaran STEM yang autentik, berbasis bermain, inkuiri, dan proyek; sekolah menyediakan sumber daya, waktu, dan budaya kolaborasi; pengembang kurikulum merancang kurikulum fleksibel dan kontekstual; pembuat kebijakan memperkuat pengembangan profesional, pendanaan, dan kemitraan; serta peneliti selanjutnya melakukan studi longitudinal, lintas budaya, dan eksperimental di konteks Indonesia. Dengan ekosistem yang mendukung, integrasi STEM pada PAUD dan pendidikan dasar dapat menjadi fondasi kuat bagi generasi abad 21.

DAFTAR PUSTAKA

Adesuyi-Fasuyi, O. (2023). *Preschool STEM Education: Perspectives on the Education-Practice Gap and Professional Development*. https://doi.org/10.46569/xd07h153j

Afrilliany, A., Juhanaini, J., & Zaman, B. (2026). Pedagogical Principles Underpinning STEAM Education in Early Childhood: A Systematic Literature Review. *Golden Age: Jurnal Ilmiah Tumbuh Kembang Anak Usia Dini*. https://doi.org/10.14421/jga.2026.112-02

Ata-Aktürk, A., & Demircan, H. Ö. (2020). Supporting Preschool Children's STEM Learning With Parent-Involved Early Engineering Education. *Early Childhood Education Journal, 49*, 607–621. https://doi.org/10.1007/s10643-020-01100-1

Damjanovic, V., & Ward, J. (2024). Exploring Inquiry-Based STEM in Preschool: The Treehouse Project. *School Science and Mathematics*. https://doi.org/10.1111/ssm.12640

Flanagan, B., Hourigan, M., & Leavy, A. (2024). Primary Teachers' Learning Experiences of Integrated STEM Education. *Journal of Early Childhood Research, 22*, 556–569. https://doi.org/10.1177/1476718X241257335

Ghazali, A., Malek, A. A., & Da, H. J. (2026). Nurturing Tiny Innovators: An Umbrella Analysis Review of STEM Integration in Early Childhood Education. *Aposta: Revista de Ciencias Sociales*. https://doi.org/10.23900/ra.v24i115.1173

Hourigan, M., O'Dwyer, A., Leavy, A., & Corry, E. (2021). Integrated STEM – A Step Too Far in Primary Education Contexts? *Irish Educational Studies, 41*(4), 687–711. https://doi.org/10.1080/03323315.2021.1899027

Ismail, A., & Shahpo, S. (2025). The Integrative Learning Approach in Early Childhood: A Proposed Framework Based on STEM – A Field Study. *European Journal of STEM Education*. https://doi.org/10.20897/ejsteme/17477

Kewalramani, S., Devi, A., & Ng, A. (2025). Supporting Early Childhood Preservice Teachers to Effectively Integrate STEM in Their Future Teaching Practice. *Education Sciences, 15*(2), 189. https://doi.org/10.3390/educsci15020189

Larkin, K., & Lowrie, T. (2023). Teaching Approaches for STEM Integration in Pre- and Primary School: A Systematic Qualitative Literature Review. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1–29. https://doi.org/10.1007/s10763-023-10362-1

Leung, W. (2023). STEM Education in Early Years: Challenges and Opportunities in Changing Teachers' Pedagogical Strategies. *Education Sciences, 13*(5), 490. https://doi.org/10.3390/educsci13050490

MacDonald, A., Danaia, L., Deehan, J., & Hall, A. (2023). STEM Professional Learning in Early Childhood Education: A Scoping Review. *Journal of Early Childhood Teacher Education, 45*(1), 79–95. https://doi.org/10.1080/10901027.2023.2224251

Movahedazarhouligh, S., Kermani, H., & Aldemir, J. (2023). STEM Integrated Curriculums in Early Childhood Education: An Exploration of Teachers' Pedagogical Beliefs and Practices. *International Journal of Modern Education Studies*. https://doi.org/10.51383/ijonmes.2022.266

Ng, A., Kewalramani, S., & Kidman, G. (2022). Integrating and Navigating STEAM (inSTEAM) in Early Childhood Education: An Integrative Review and inSTEAM Conceptual Framework. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. https://doi.org/10.29333/ejmste/12174

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/10.1136/bmj.n71

Taufikin, T. (2025). STEM Learning in Early Childhood Education: Preparing a Smart Generation From an Early Age. *Journal of Gemilang*. https://doi.org/10.62872/hmnpwc21

Tippett, C. D., & Milford, T. M. (2017). Findings From a Pre-Kindergarten Classroom: Making the Case for STEM in Early Childhood Education. *International Journal of Science and Mathematics Education, 15*(1), 67–86. https://doi.org/10.1007/s10763-017-9812-8

Toma, R. B., Yánez-Pérez, I., & Meneses-Villagrá, J. Á. (2024). Towards a Socio-Constructivist Didactic Model for Integrated STEM Education. *Interchange, 55*, 75–91. https://doi.org/10.1007/s10780-024-09513-2

Wan, Z., Jiang, Y., & Zhan, Y. (2020). STEM Education in Early Childhood: A Review of Empirical Studies. *Early Education and Development, 32*(7), 940–962. https://doi.org/10.1080/10409289.2020.1814986

Wang, L., & Mihai, A. (2024). Integrated STEM Education in Early Childhood Classrooms: Voices From the Field. *Early Childhood Education Journal, 53*, 2783–2793. https://doi.org/10.1007/s10643-024-01794-7