

INTEGRASI PEMBELAJARAN STEM DAN STEAM: MEMBANGUN KREATIVITAS DAN KETERAMPILAN ABAD KE-21 DALAM PENDIDIKAN MASA KINI

Sri Lestari¹, Inta Jukanti Sari², Nunu Fitriyani³, Ahmad Sobari⁴, Syimyk Zhyrgalbekov⁵, Toni Ardiansyah⁶

^{1,2,3,4,5,6}Prodi Pendidikan MIPA, Pasca Sarjana, Universitas Indraprasta PGRI

*Corresponding email: arimehonk0909@gmail.com

ABSTRAK- Perkembangan pesat ilmu pengetahuan dan teknologi di abad ke-21 menuntut kualitas sumber daya manusia dengan kemampuan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif, yang seringkali tidak terakomodasi oleh pendidikan konvensional. Menanggapi kebutuhan ini, pembelajaran STEM (Sains, Teknologi, Rekayasa, Matematika) muncul sebagai kerangka integratif, kemudian berkembang menjadi STEAM dengan penambahan unsur Seni (*Art*) untuk memperkaya dimensi kreativitas, estetika, dan inovasi desain. Studi ini menggunakan metode kajian pustaka sistematis, dengan mengumpulkan dan mensintesis literatur akademik dari berbagai *database* bereputasi, fokus pada konsep, implementasi, urgensi, karakteristik, prinsip, dan manfaat pembelajaran STEM/STEAM dalam pendidikan formal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa STEM dan STEAM berlandaskan pada teori konstruktivisme serta erat kaitannya dengan *Project-Based Learning* (PjBL) dan *Problem-Based Learning* (PBL), yang mendorong pengembangan *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) dan keterampilan abad ke-21 (4C). Setiap komponen (Sains, Teknologi, Rekayasa, Seni, Matematika) berkontribusi sinergis dalam proses pembelajaran untuk menciptakan solusi inovatif. Meskipun menghadapi tantangan seperti keterbatasan waktu, sarana, dan kompetensi guru, terdapat peluang besar yang dapat dimanfaatkan, termasuk antusiasme siswa dan fleksibilitas Kurikulum Merdeka, serta dukungan teknologi. Oleh karena itu, disarankan agar kolaborasi antar pemangku kepentingan diperkuat, serta solusi inovatif diterapkan untuk mengatasi tantangan dan memaksimalkan potensi STEM/STEAM, guna mewujudkan pendidikan yang relevan dan efektif bagi siswa.

Kata Kunci: Integrasi, STEM, STEAM, Kreatifitas

ABSTRACT- The rapid development of science and technology in the 21st century demands quality human resources with critical, creative, collaborative, and communicative thinking skills, which are often not accommodated by conventional education. Responding to this need, STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) learning emerged as an integrative framework, then developed into STEAM with the addition of Art elements to enrich the dimensions of creativity, aesthetics, and design innovation. This study uses a systematic literature review method, by collecting and synthesizing academic literature from various reputable databases, focusing on the concept, implementation, urgency, characteristics, principles, and benefits of STEM/STEAM learning in formal education. The results of the study show that STEM and STEAM are based on constructivism theory and are closely related to Project-Based Learning (PjBL) and Problem-Based Learning (PBL), which encourage the development of Higher Order Thinking Skills (HOTS) and 21st-century skills (4C). Each component (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) contributes synergistically to the learning process to create innovative solutions. Despite facing challenges such as limited time, resources, and teacher competency, there are significant opportunities that can be exploited, including student enthusiasm and the flexibility of the Independent

Curriculum, as well as technological support. Therefore, it is recommended that collaboration between stakeholders be strengthened, and innovative solutions implemented to overcome challenges and maximize the potential of STEM/STEAM, in order to realize relevant and effective education for students.

Keywords: Integration, STEM, STEAM, creativity

PENDAHULUAN

Perkembangan pesat ilmu pengetahuan dan teknologi pada abad ke-21 telah menciptakan tuntutan baru terhadap kualitas sumber daya manusia, yang tidak lagi cukup hanya mengandalkan penguasaan pengetahuan akademik semata. Era ini menuntut individu untuk memiliki kemampuan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif (dikenal sebagai keterampilan 4C), sebagai modal utama dalam menghadapi kompleksitas global. Sistem pendidikan, oleh karena itu, menghadapi tantangan besar untuk beradaptasi dan menyajikan model pembelajaran yang relevan, guna mempersiapkan peserta didik menghadapi dinamika dan inovasi yang terus berubah (Juwan, D. P. A.dkk, 2024) Paradigma pendidikan konvensional yang cenderung memisahkan disiplin ilmu menjadi sekat-sekat materi seringkali gagal membekali siswa dengan keterampilan terintegrasi yang krusial ini (Ismaniati, C., & Lindra, A. T. 2025).

Menanggapi kebutuhan mendesak tersebut, pendekatan pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) muncul sebagai kerangka pendidikan yang mengintegrasikan keempat disiplin ilmu ini untuk memecahkan masalah dunia nyata. STEM berfokus pada aplikasi praktis dari teori, mendorong siswa untuk berpikir logis dan sistematis dalam menghadapi tantangan teknis. Seiring perkembangannya, pendekatan ini diperkaya dengan penambahan unsur Seni (*Art*), membentuk STEAM, yang bertujuan untuk menghadirkan dimensi kreativitas, estetika, dan inovasi desain. Integrasi seni dalam pembelajaran ini tidak hanya memperluas spektrum kemampuan siswa, tetapi juga menjadikan proses belajar lebih holistik dan bermakna.

Pembelajaran STEM/STEAM menekankan keterpaduan antar-disiplin ilmu secara fundamental, memungkinkan peserta didik untuk memahami suatu konsep secara utuh dan mendalam. Pendekatan ini melatih siswa untuk tidak hanya menguasai teori, tetapi juga menerapkan pengetahuan tersebut dalam konteks nyata melalui kegiatan eksploratif, eksperimen, proyek, dan desain rekayasa yang inovatif. Model pembelajaran ini sangat selaras dengan filosofi pendidikan modern seperti paradigma Merdeka Belajar, yang mengutamakan

pengalaman belajar yang kontekstual, bermakna, dan berpusat pada peserta didik (Samho, B., & Princessa, M. 2025). Dengan demikian, siswa didorong untuk menjadi agen aktif dalam proses pembelajaran mereka sendiri, mengembangkan solusi kreatif atas masalah yang dihadapi.

Di Indonesia, kebutuhan akan implementasi pembelajaran berbasis STEM/STEAM semakin mendesak seiring dengan laju perkembangan teknologi digital yang luar biasa. Tuntutan akan literasi baru, mencakup literasi data, teknologi, dan manusia, menjadi semakin krusial dalam menghadapi kompleksitas dunia kerja modern. Melalui pembelajaran yang terintegrasi dan multidisipliner ini, peserta didik diharapkan mampu memadukan kemampuan logika dari sains dan matematika, kreativitas dari seni, serta pemecahan masalah dari teknologi dan rekayasa, membentuk individu yang berdaya saing. Integrasi ini juga menumbuhkan kepekaan terhadap estetika dan nilai-nilai kemanusiaan, menciptakan generasi yang tidak hanya cerdas secara intelektual tetapi juga berempati.

Meskipun potensi pembelajaran STEM/STEAM sangat besar dalam membentuk generasi yang siap menghadapi masa depan, pemahaman dan implementasinya di lapangan masih menghadapi berbagai tantangan. Kurikulum pendidikan di banyak lembaga masih cenderung bersifat fragmentaris, memisahkan mata pelajaran satu sama lain, sehingga menyulitkan proses integrasi yang menjadi ciri khas STEM/STEAM. Keterbatasan sumber daya, baik dari segi sarana prasarana maupun kompetensi guru dalam merancang dan melaksanakan pembelajaran inovatif, seringkali menjadi hambatan signifikan. Banyak pendidik belum sepenuhnya memahami bagaimana mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu ini secara efektif untuk menciptakan pengalaman belajar yang holistik dan menarik bagi siswa.

Kesenjangan antara teori dan praktik dalam penerapan STEM/STEAM menunjukkan bahwa masih banyak aspek yang perlu dieksplorasi dan disosialisasikan kepada para pemangku kepentingan pendidikan (Dulyapit, A., & Winarsih, W. 2024). Meskipun artikel ini merupakan salah satu upaya untuk menjembatani kesenjangan tersebut, penyebarluasan pemahaman tentang model, prinsip, dan manfaat nyata dari pendekatan ini masih menjadi pekerjaan rumah. Pentingnya pemahaman yang mendalam mengenai bagaimana STEM/STEAM dapat mendorong kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS) dan membentuk karakter siswa menjadi pemecah masalah belum sepenuhnya terinternalisasi di semua tingkatan pendidikan. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang lebih komprehensif untuk mendefinisikan dan memasyarakatkan esensi dari pembelajaran inovatif ini.

Pentingnya pembahasan mengenai konsep dasar STEM dan STEAM, urgensinya dalam pendidikan abad ke-21, serta karakteristik dan prinsip dasarnya, menjadi fondasi krusial bagi upaya reformasi pendidikan. Tanpa pemahaman yang kuat tentang elemen-elemen ini, implementasi pembelajaran inovatif akan berjalan kurang optimal dan tidak mencapai hasil yang diharapkan. Manfaat nyata yang bisa diperoleh peserta didik, mulai dari pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi hingga peningkatan minat belajar, harus diuraikan secara jelas dan persuasif. Dengan demikian, artikel ini berusaha menjawab kebutuhan akan panduan yang komprehensif bagi para pendidik dan pembuat kebijakan.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan penelitian yang akan dibahas dalam artikel ini meliputi: Apa yang dimaksud dengan pembelajaran STEM dan STEAM? Mengapa pendekatan STEM/STEAM penting diterapkan dalam pendidikan saat ini? Bagaimana karakteristik dan prinsip dasar pembelajaran STEM/STEAM? Apa manfaat pembelajaran STEM/STEAM bagi peserta didik? Tujuan dari penulisan artikel ini adalah untuk menjelaskan konsep dasar pembelajaran STEM dan STEAM, menguraikan urgensi penerapan pembelajaran STEM/STEAM pada pendidikan abad ke-21, menyajikan karakteristik, prinsip, dan arah pengembangan pembelajaran STEM/STEAM, serta memberikan pemahaman awal bagi pendidik dan pembaca dalam mengembangkan pembelajaran yang inovatif dan menyenangkan berbasis sains, teknologi, rekayasa, matematika, dan seni. Hindari sub-sub di dalam pendahuluan. Pendahuluan hendaknya mengandung latar belakang masalah, permasalahan dan tujuan penelitian. Persentase panjang halaman pendahuluan antara 10-15% dari panjang keseluruhan sebuah manuskrip. Rujukan ditunjukkan dengan menuliskan nama keluarga/nama belakang penulis dan tahun terbitan, tanpa nomor halaman.

KAJIAN TEORI

STEM dan STEAM

Pendidikan STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) pada intinya merupakan pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan empat disiplin ilmu utama ke dalam pengalaman belajar yang autentik dan bermakna. Menurut Bybee (2013), STEM berfungsi menghubungkan konsep sains dengan penerapan teknologi, proses rekayasa, dan penalaran matematis melalui konteks dunia nyata. Hal ini bertujuan untuk mengembangkan literasi STEM dan kreativitas peserta didik. Sanders (2009) lebih lanjut menegaskan bahwa

STEM adalah integrasi multidisiplin yang dirancang khusus untuk membangun kemampuan berpikir kritis, memecahkan masalah, serta menguasai keterampilan abad ke-21. Pendekatan ini secara fundamental menekankan pada penerapan pengetahuan untuk mengatasi tantangan dunia nyata, mendorong siswa untuk berpikir logis dan sistematis.

Pengembangan dari STEM ke STEAM menambahkan unsur *Arts* (Seni) sebagai elemen penting, sehingga mencakup *Science, Technology, Engineering, Arts, dan Mathematics*. Yakman (2008) menyatakan bahwa STEAM merupakan kerangka pembelajaran holistik yang memadukan kelima unsur ini, memungkinkan siswa mengembangkan kreativitas dan kemampuan berpikir desain secara lebih luas. Bequette dan Bequette (2012) juga menjelaskan bahwa seni dalam STEAM memungkinkan siswa menghasilkan inovasi dan solusi kreatif yang tidak hanya fungsional tetapi juga memiliki nilai estetika. Perbedaan utama antara keduanya terletak pada fokus: STEM lebih menekankan pemecahan masalah berbasis logika dan analitis, sedangkan STEAM memperluasnya dengan memasukkan dimensi kreativitas, imajinasi, dan estetika melalui unsur seni, menjadikannya lebih humanistik (Maeda, 2013).



Gambar 1. Pembelajaran STEAM Materi Jembatan

Sumber : <https://schoolofparenting.id/kenalan-yuk-dengan-metode-belajar-steam-bagi-si-kecil/>

Pembelajaran STEM/STEAM didasarkan pada teori konstruktivisme, yang menekankan bahwa peserta didik membangun pengetahuannya melalui pengalaman langsung dan interaksi bermakna, seperti yang dijelaskan oleh Piaget (1970) dan Vygotsky (1978). Dalam konteks ini, konstruktivisme menjadi fondasi karena pembelajaran mendorong eksplorasi, eksperimen, dan penemuan konsep secara mandiri melalui proyek dan pemecahan masalah. Selain itu, pendekatan ini erat kaitannya dengan *Project-Based Learning* (PjBL) dan *Problem-Based Learning* (PBL), yang mendorong siswa untuk bekerja dalam proyek nyata dan memecahkan masalah autentik dengan pendekatan kritis dan analitis. Model ini juga sangat mendukung pengembangan *Higher Order Thinking Skills* (HOTS), yaitu kemampuan menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta. Melalui integrasi disiplin ilmu ini, siswa dilatih untuk menerapkan pengetahuan secara terpadu, mengembangkan keterampilan teknis, kreativitas, dan pemikiran kritis secara holistik, guna mempersiapkan mereka menghadapi kompleksitas dunia modern.

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini mengadopsi pendekatan kajian pustaka sistematis (*systematic literature review*) untuk mengumpulkan, menganalisis, dan mensintesis informasi relevan terkait pembelajaran STEM dan STEAM. Proses pengumpulan data dimulai dengan pencarian ekstensif terhadap berbagai sumber literatur akademik seperti artikel jurnal ilmiah, prosiding konferensi, bab buku, dan laporan penelitian yang diterbitkan pada *database* bereputasi (*Scopus*, *Google Scholar*, *ERIC*). Kata kunci yang digunakan dalam pencarian meliputi "pembelajaran STEM," "pendidikan STEAM," "urgensi STEM/STEAM abad 21," "karakteristik pembelajaran STEM/STEAM," "prinsip STEM/STEAM," "inovasi pendidikan sains," "kreativitas dalam STEM/STEAM," dan "keterampilan abad ke-21." Kriteria inklusi difokuskan pada literatur yang secara eksplisit membahas konsep, implementasi, urgensi, karakteristik, prinsip, dan manfaat pembelajaran STEM/STEAM dalam konteks pendidikan formal. Data yang terkumpul kemudian diorganisir dan dikelola menggunakan perangkat lunak referensi untuk memudahkan peninjauan.

Setelah tahap pengumpulan data, analisis data dilakukan dengan metode analisis konten kualitatif. Setiap literatur yang relevan dibaca secara cermat untuk mengidentifikasi tema-tema kunci yang sejalan dengan tujuan penelitian. Penulis melakukan ekstraksi informasi mengenai definisi STEM dan STEAM, landasan teoretis yang mendukung,

komponen utama yang membentuk pendekatan ini, model dan pendekatan implementasinya, serta tantangan dan peluang yang muncul dalam penerapannya. Selain itu, aspek-aspek terkait urgensi pembelajaran ini di abad ke-21, termasuk kaitannya dengan pengembangan keterampilan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif, juga menjadi fokus utama analisis. Perbandingan dan sintesis dari berbagai pandangan ahli dan hasil penelitian terdahulu dilakukan untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif dan terstruktur.

Melalui proses analisis yang mendalam, kesimpulan dan hasil penelitian ini akan menyajikan uraian komprehensif mengenai pembelajaran STEM dan STEAM. Hasilnya meliputi penjelasan konsep dasar, menyoroti perbedaan dan irisan antara STEM dan STEAM, serta menguraikan urgensi implementasinya sebagai respons terhadap tuntutan pendidikan abad ke-21. Selain itu, artikel ini akan menyajikan karakteristik unik, prinsip-prinsip pedagogis yang mendasarinya, serta arah pengembangan pembelajaran STEM/STEAM yang inovatif. Terakhir, temuan penelitian akan memberikan pemahaman awal yang kuat bagi pendidik dan pembaca, membantu mereka dalam mengembangkan pendekatan pembelajaran yang tidak hanya inovatif tetapi juga menyenangkan, mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, matematika, dan seni secara efektif. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk memperkaya wawasan dan menjadi dasar pengembangan praktik pendidikan yang lebih relevan dan berdaya guna di masa depan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsep fundamental pendidikan STEM dan STEAM, menegaskan peran krusialnya dalam mempersiapkan siswa menghadapi tuntutan abad ke-21 yang terus berkembang. Pembelajaran STEM, yang didefinisikan sebagai integrasi Sains, Teknologi, Rekayasa, dan Matematika, berupaya mengembangkan kemampuan pemecahan masalah melalui aplikasi praktis dan pemikiran logis yang sistematis. Bybee (2013) menjelaskan bagaimana STEM menghubungkan konsep sains dengan penerapan teknologi, proses rekayasa, dan penalaran matematis dalam konteks dunia nyata. Sanders (2009) menekankan STEM sebagai integrasi multidisipliner yang dirancang untuk membangun kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan keterampilan abad ke-21. Evolusi konsep ini menjadi STEAM, dengan penambahan unsur Seni (*Art*) oleh Yakman (2008), memperkaya dimensi kreativitas, estetika, dan inovasi desain. Integrasi seni ini diyakini mampu mendorong pemikiran desain dan ekspresi kreatif, yang esensial dalam menghasilkan solusi inovatif dengan nilai tambah.

Perbedaan esensial antara STEM dan STEAM terletak pada penekanan fokus dan proses berpikir yang dikembangkan. STEM cenderung lebih berorientasi pada pemecahan masalah berbasis logika, analitis, dan sistematis melalui lensa sains serta teknologi yang kuat. Sebaliknya, STEAM memperluas cakupan ini dengan memasukkan dimensi kreativitas, imajinasi, dan kepekaan estetika yang disediakan oleh seni, menjadikannya pendekatan yang lebih humanistik dan menyeluruh. Maeda (2013) secara khusus menyatakan bahwa STEAM memperkaya STEM karena dunia modern membutuhkan inovasi yang memadukan fungsi dan estetika secara bersamaan. Oleh karena itu, pembelajaran STEM/STEAM pada hakikatnya berlandaskan pada pendekatan integratif yang menghubungkan berbagai disiplin ilmu melalui proyek, konteks nyata, dan masalah relevan, memastikan siswa tidak hanya menguasai teori tetapi juga mampu mengaplikasikannya.

Landasan teoretis yang kuat menopang efektivitas pembelajaran STEM/STEAM, terutama teori konstruktivisme yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun melalui pengalaman langsung dan interaksi aktif. Piaget (1970) menjelaskan bagaimana asimilasi dan akomodasi terhadap pengalaman baru membentuk pengetahuan, sementara Vygotsky (1978) menyoroti peran krusial interaksi sosial dalam proses pemahaman. Dalam konteks STEM/STEAM, teori konstruktivisme ini mendorong siswa untuk bereksplorasi, bereksperimen, dan menemukan konsep secara mandiri melalui proyek dan pemecahan masalah yang autentik. Pembelajaran ini juga sangat erat kaitannya dengan pendekatan *Project-Based Learning* (PjBL) dan *Problem-Based Learning* (PBL). PjBL (Thomas, 2000) memberikan kesempatan siswa bekerja pada proyek nyata yang menuntut kolaborasi, kreativitas, dan penerapan konsep lintas disiplin, sementara PBL (Barrows, 1986) menempatkan siswa sebagai pemecah masalah utama.

Selain konstruktivisme, PjBL, dan PBL, pembelajaran STEM/STEAM juga memiliki korelasi erat dengan pengembangan Higher Order Thinking Skills (HOTS). Keterampilan berpikir tingkat tinggi ini, yang menurut Anderson dan Krathwohl (2001) mencakup kemampuan menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta, merupakan bagian integral dari pendidikan abad ke-21. Pendekatan STEM/STEAM secara inheren menuntut siswa untuk menerapkan HOTS saat mereka merancang produk, membuat prototipe, menguji desain, dan merefleksikan hasil kerja mereka, sehingga memperkuat kemampuan kognitif tingkat lanjut mereka. Dengan demikian, STEM/STEAM tidak hanya berfokus pada perolehan pengetahuan semata, tetapi juga pada pengembangan kapasitas intelektual dan praktis siswa. Implementasi

pendekatan ini secara efektif mempersiapkan siswa untuk menjadi individu yang adaptif, inovatif, dan mampu menghadapi berbagai tantangan kompleks di masa depan.

Tujuan utama pembelajaran STEM/STEAM adalah mempersiapkan peserta didik menghadapi tantangan modern dengan membekali mereka kemampuan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan pemecahan masalah yang inovatif. Pendekatan integratif ini tidak hanya berfokus pada penguasaan konsep, tetapi juga pada pengembangan kemampuan relevan yang akan berguna dalam kehidupan nyata sehari-hari. Salah satu manfaat utamanya adalah pengembangan literasi sains, di mana siswa belajar memahami konsep ilmiah dan menerapkannya melalui observasi, eksperimen, inkuiri, dan pemecahan masalah yang kontekstual. Selain itu, integrasi teknologi, rekayasa, dan seni dalam STEAM secara signifikan memperkuat kreativitas dan inovasi siswa, mendorong mereka untuk mengembangkan ide baru, eksplorasi, dan menghasilkan solusi kreatif yang memiliki nilai estetika dan fungsional. Yakman (2008) menekankan bagaimana seni menstimulasi imajinasi dan desain, menciptakan inovasi yang lebih bermakna.

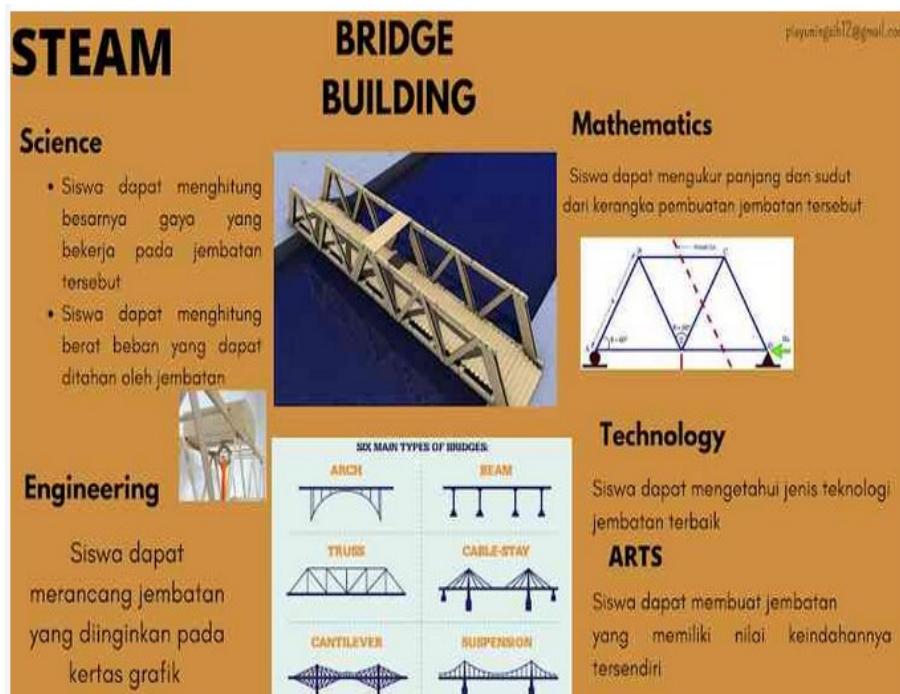
Manfaat lain yang krusial dari pembelajaran STEM/STEAM adalah pembentukan Keterampilan Abad 21 yang dikenal sebagai 4C: *critical thinking, creativity, collaboration, and communication*. Trilling dan Fadel (2009) menegaskan bahwa kompetensi ini merupakan dasar yang harus dimiliki generasi modern untuk menghadapi tantangan global yang semakin kompleks. Dalam konteks STEM/STEAM, keterampilan 4C ini muncul secara alami melalui aktivitas analisis masalah, kerja sama proyek, presentasi hasil kerja, dan eksplorasi ide kreatif dalam kelompok. Pendekatan ini secara aktif melatih siswa untuk berpikir secara mandiri, bekerja sama dengan orang lain, mengkomunikasikan ide-ide mereka secara efektif, dan menghasilkan solusi yang inovatif. Ini adalah fondasi penting untuk kesuksesan akademik dan profesional siswa di masa depan.

Pembahasan mengenai komponen utama STEM/STEAM memberikan gambaran tentang bagaimana setiap disiplin berkontribusi secara sinergis dalam proses pembelajaran. Komponen Sains (*Science*) berperan dalam membangun pemahaman siswa terhadap konsep-konsep ilmiah melalui observasi, eksperimen, dan inkuiri, menjadi dasar untuk menganalisis fenomena alam dan menarik kesimpulan secara sistematis (Bybee, 2013). Teknologi (*Technology*) mencakup penggunaan alat, perangkat digital, aplikasi, dan sistem untuk memecahkan masalah, memungkinkan siswa mengakses informasi, membuat desain digital, simulasi, dan presentasi interaktif (Sanders, 2009). Peran teknologi sangat vital dalam

menghubungkan pengetahuan sains dan matematika dengan aplikasi nyata dalam kehidupan sehari-hari, memperkaya pengalaman belajar siswa dengan alat-alat modern yang relevan.

Selanjutnya, *Engineering* (Rekayasa) memiliki peran penting dalam mendorong siswa melalui proses perancangan atau *design process*, mulai dari identifikasi masalah hingga evaluasi dan perbaikan solusi (Moore et al., 2014). Proses rekayasa ini memberikan kesempatan bagi siswa untuk menerapkan konsep sains, teknologi, dan matematika dalam menciptakan produk inovatif dan fungsional yang dapat memecahkan masalah. Matematika (*Mathematics*) berfungsi memperkuat keterampilan berpikir logis, analitis, dan kuantitatif, terintegrasi dalam konteks pemecahan masalah, perhitungan desain, dan analisis data, menjadi landasan penting bagi rekayasa dan sains (Honey, Pearson, & Schweingruber, 2014). Terakhir, *Arts* (Seni) dalam STEAM mengembangkan kreativitas, imajinasi, ekspresi seni, serta kemampuan merancang solusi inovatif dengan nilai estetika, di mana seni memungkinkan siswa untuk berpikir desain dan memvisualisasikan ide (Yakman, 2008). Integrasi kelima komponen ini menciptakan pengalaman belajar yang kaya dan multidimensional, menghasilkan lulusan yang lebih holistik.

Pembelajaran STEM/STEAM dapat diimplementasikan melalui berbagai model dan strategi yang bersifat integratif, yang menekankan proses inkuiri, desain, dan penciptaan solusi yang relevan. Pendekatan integratif ini memungkinkan guru menghubungkan berbagai disiplin ilmu melalui kegiatan yang berpusat pada masalah atau proyek, sehingga pembelajaran menjadi lebih kontekstual dan bermakna. Implementasi ini biasanya mengikuti langkah sistematis dari inkuiri, desain, kreasi, hingga refleksi, memberikan kerangka kerja yang terstruktur bagi siswa untuk belajar. Model-model seperti *Project-Based Learning* (PjBL), *STEM Design Process*, dan *Inquiry-Based Learning* sering digunakan untuk mendukung pembelajaran yang aktif, kreatif, dan berorientasi pada pemecahan masalah nyata. Pendekatan ini juga mencakup tingkatan integrasi mulai dari multidisipliner, interdisipliner, hingga transdisipliner, yang menawarkan fleksibilitas dalam mengadaptasi kurikulum dan konteks belajar.



Gambar 2. Pembelajaran STEAM Materi Jembatan

Sumber:<https://www.kompasiana.com/piayuningsih2764/659509fd12d50f510c692f42/steam-science-technology-engineering-art-and-mathematics-pembelajaran-untuk-abad-21>

Penilaian dalam pembelajaran STEM/STEAM memegang peranan krusial untuk memotret kompetensi peserta didik secara komprehensif dan autentik. Wiggins (1998) menekankan bahwa penilaian yang efektif harus mencerminkan persoalan kehidupan nyata, tidak sekadar menguji hafalan teori. Bybee (2013) menambahkan bahwa penilaian dalam STEM tidak hanya berfokus pada jawaban akhir, melainkan juga pada proses berpikir ilmiah, kreativitas, kolaborasi, dan kemampuan merancang solusi yang sistematis. *National Research Council* (NRC, 2012) mengidentifikasi tiga komponen utama penilaian, yaitu penilaian proses, produk, serta sikap dan kebiasaan ilmiah, yang mengukur bagaimana siswa merencanakan, mengeksekusi, dan merevisi solusi. Penilaian ini harus dilaksanakan secara sistematis, berkesinambungan, dan terintegrasi di seluruh tahapan pembelajaran, memberikan umpan balik bermakna yang mendorong perkembangan kreativitas dan pemecahan masalah siswa (Suprapto, H. A., dkk, 2024).

Meskipun membawa banyak potensi positif, implementasi STEM/STEAM di lingkungan pendidikan menghadapi berbagai tantangan signifikan yang perlu dikelola dengan baik dan strategi (Widiyarto, S. 2024). Keterbatasan waktu pembelajaran menjadi kendala utama, karena proses inkuiiri, desain, pembuatan prototipe, dan refleksi seringkali

membutuhkan durasi yang lebih panjang dari alokasi waktu standar kurikulum yang ada. Selain itu, keterbatasan sarana dan prasarana di banyak sekolah, seperti kurangnya alat eksperimen, bahan, atau teknologi pendukung yang memadai, menghambat kegiatan berbasis proyek dan rekayasa yang mendalam. Kesiapan dan kompetensi guru juga menjadi faktor krusial, di mana banyak pendidik masih kesulitan mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu dan merancang pembelajaran kolaboratif yang berpusat pada masalah nyata secara efektif (Juita, H. R., dkk, 2024). Tantangan-tantangan ini memerlukan solusi yang inovatif dan dukungan berkelanjutan dari semua pemangku kepentingan (Bakhtiar, A., dkk, 2024).

Namun, di balik berbagai tantangan tersebut, terdapat peluang besar yang dapat dimanfaatkan untuk mengoptimalkan implementasi pembelajaran STEM/STEAM di Indonesia. Kreativitas dan antusiasme siswa yang tinggi terhadap aktivitas eksplorasi, eksperimen, dan pembuatan karya merupakan modalitas penting untuk pembelajaran berbasis proyek yang sukses dan menarik. Fleksibilitas Kurikulum Merdeka di Indonesia sangat mendukung pendekatan ini, karena mendorong pembelajaran yang holistik, kontekstual, dan berbasis inkuiri yang selaras dengan prinsip STEM/STEAM. Dukungan teknologi yang semakin berkembang juga mempermudah akses terhadap perangkat digital, aplikasi simulasi, dan platform pembelajaran daring, sehingga guru dan siswa dapat melakukan eksperimen virtual dan mengakses sumber belajar dengan lebih mudah. Memaksimalkan peluang ini akan menjadikan *pembelajaran* lebih efektif, bermakna, dan relevan dengan kebutuhan perkembangan peserta didik abad ke-21.

SIMPULAN

Kesimpulan dari uraian di atas menunjukkan bahwa pembelajaran STEM dan STEAM memainkan peran yang sangat penting dalam mempersiapkan siswa menghadapi tantangan abad ke-21. Dengan mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika, pendekatan ini tidak hanya membekali siswa dengan pengetahuan teoritis tetapi juga mengembangkan keterampilan praktis yang relevan, seperti pemecahan masalah, kreativitas, kolaborasi, dan berpikir kritis. Transformasi dari STEM menjadi STEAM dengan penambahan unsur seni memberikan dimensi baru yang menekankan pentingnya kreativitas dan inovasi dalam proses pembelajaran. Metode yang digunakan, seperti *Project-Based Learning* (PjBL) dan *Problem-Based Learning* (PBL), berhasil melibatkan siswa dalam pengalaman belajar yang kontekstual dan authentik, mendorong mereka untuk berinovasi dan beradaptasi dengan

perubahan yang cepat. Meskipun terdapat tantangan seperti keterbatasan waktu, sarana, dan kesiapan guru dalam mengimplementasikan pembelajaran STEM/STEAM, ada pula peluang besar yang dapat dimanfaatkan, seperti semangat eksplorasi siswa dan dukungan Kurikulum Merdeka yang fleksibel. Dengan memanfaatkan teknologi yang semakin berkembang, pembelajaran dapat diperkaya dengan metode daring, eksperimen virtual, dan sumber belajar yang mudah diakses. Oleh karena itu, untuk menjawab pertanyaan penelitian tentang efektivitas pembelajaran STEM/STEAM, dapat disimpulkan bahwa pendekatan integratif ini terbukti mampu membekali siswa dengan keterampilan yang diperlukan untuk berkompetisi dan berinovasi di era modern. Kesuksesan implementasi STEM/STEAM memerlukan kolaborasi dari berbagai pemangku kepentingan untuk mengatasi tantangan yang ada dan memaksimalkan potensi yang ditawarkan, menjadikannya relevan dan efektif dalam konteks pendidikan saat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakhtiar, A., Widiyarto, S., Sartono, L. N., Isroyati, I., Wulansari, L., & Setyowati, L. (2024). Penggunaan Media You Tube Dalam Pembelajaran Bahasa Inggris Pada Siswa Sekolah Dasar. *Warta Dharmawangsa*, 18(2), 532-539
- Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem- based learning methods. *Medical Education*, 20(6), 481–486.
- Bequette, J. W., & Bequette, M. B. (2012). Art education and STEM: A STEM + Arts = STEAM movement. *Art Education*, 65(5), 40–47.
- Bybee, R. W. (2013). The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities. NSTA Press.
- Dulyapit, A., & Winarsih, W. (2024). Implementasi Model Pembelajaran STEM/STEAM dalam Meningkatkan Kompetensi Abad 21 di Madrasah Ibtidaiyah: Studi Pustaka. *Madrosatuna: Jurnal Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah*, 7(2), 87-95.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.). (2014). STEM Integration in K–12 Education. National Academies Press.
- Ismaniati, C., & Lindra, A. T. (2025). *Sistem Pembelajaran Modern: Integrasi Teknologi, Model Inovatif, dan Kompetensi Global*. Deepublish.
- Juita, H. R., Widiyarto, S., Apriliyani, N. Y. A., Megayanti, W., Ati, A. P., & Sumadyo, B. (2025). Literature Learning to Instill Local Culture Using Digital Flipbooks for Elementary School Students. *Journal of Innovation in Educational and Cultural Research*, 6(2), 420-426.
- Juwani, D. P. A., Maharani, S. D., & Siswadi, G. A. (2024). Transformasi Metode Mengajar Dalam Kurikulum Merdeka Ditinjau Dari Perspektif Aksiologi Pendidikan John Dewey. *Purwadita: Jurnal Agama dan Budaya*, 8(1), 19-29.

- Maeda, J. (2013). STEM + Art = STEAM. *The STEAM Journal*, 1(1).
- Piaget, J. (1970). *Science of Education and the Psychology of the Child*. Orion Press.
- Samho, B., & Princessa, M. (2025). Relevansi Filsafat Pendidikan Pragmatisme dalam Kurikulum Merdeka bagi Pengembangan Karakter Peserta Didik. *Jurnal Moral Kemasyarakatan*, 10(1), 350-367.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *Technology Teacher*, 68(4), 20–26.
- Suprapto, H. A., Widiyarto, S., Rizkiyah, N., Nurisman, H., Megayanti, W., Vernia, D. M., ... & Sumadyo, B. (2024). Introduction To Entrepreneurship Based on Ethnopedagogic in The Ngetau Tradition For Elementary School Students. *Studies in Learning and Teaching*, 5(3), 720-733.
- Thomas, J. W. (2000). A Review of Research on Project-Based Learning. The Autodesk Foundation.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.
- Widiyarto, S. (2024). Pembelajaran Sastra Dan Budaya Melalui Buku Cerita Daerah Bagi Siswa Sekolah Dasar. *Literasi: Jurnal Bahasa dan Sastra Indonesia serta Pembelajarannya*, 8(1), 92-98.
- Yakman, G. (2008). STEAM Education: An Overview. In PATT-19 Conference.

