

**INTEGRASI PENDEKATAN STEM DAN STEAM DALAM PEMBELAJARAN
MIPA: SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW TERHADAP 21 JURNAL
INTERNASIONAL & NASIONAL TAHUN 2020–2025**

**Uning Duwi Mawar^{1*}), Mukti Hartani²⁾, Rina Nurmala Dewi³⁾, Fitroh Handayani⁴⁾,
Neneng Nurhasanah⁵⁾, Martahan Bostanglaut Togatorob⁶⁾, Zulfachri⁷⁾, Andri
Suryana⁸⁾.**

¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾ Program Studi Pendidikan MIPA, Pascasarjana, Universitas Indraprasta PGRI, Jakarta, Indonesia
e-mail: uningaja@gmail.com

(Received 13 Desember 2025, Accepted 23 Januari 2026)

Abstract

STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) and STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) based learning has developed as one of the most prominent pedagogical approaches in supporting the development of 21st century skills, such as critical thinking, creativity, communication, collaboration, and problem solving. This study aims to synthesise various research results on the implementation of STEM and STEAM in mathematics and science education through a systematic literature review (SLR) of 21 national and international journals published between 2020 and 2025. The study was conducted by examining articles that discussed STEM/STEAM learning models, teaching material development, media innovation, their impact on cognitive and non-cognitive competencies, and the challenges of their implementation in the context of primary to secondary schools. The review results show that the integration of STEM/STEAM consistently contributes positively to improving students' creative thinking, critical thinking, learning outcomes, conceptual understanding, mathematical connection skills, scientific process skills, and science and technology literacy. The most effective learning models in STEM/STEAM implementation are Project-Based Learning (PjBL), Problem-Based Learning (PBL), and Challenge-Based Learning (CBL). Other findings indicate that innovative media such as Gekola Boards, STEAM-based animations, project-based modules, and integrative teaching materials can increase student engagement. However, there are challenges in the form of limited teacher competence, lack of technological facilities, and the lack of explicit integration of STEM/STEAM in national curriculum policy. This study recommends the need for continuous teacher training, strengthening interdisciplinary-based curricula, and further research on the integration of psychological aspects such as motivation and self-efficacy in STEM/STEAM learning.

Keywords: *STEM, STEAM, science and mathematics learning, 21st-century skills, systematic literature review.*

Abstrak

Pembelajaran berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) dan STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) telah berkembang sebagai salah satu pendekatan pedagogik yang paling menonjol dalam mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21, seperti pemikiran kritis, kreativitas, komunikasi, kolaborasi, dan pemecahan masalah. Kajian ini bertujuan menyintesis berbagai hasil penelitian mengenai implementasi STEM dan STEAM dalam pembelajaran MIPA (Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam) melalui metode Systematic Literature Review (SLR) terhadap 21 jurnal nasional dan internasional yang diterbitkan pada periode 2020–2025. Kajian dilakukan dengan menelaah artikel yang membahas model pembelajaran STEM/STEAM, pengembangan bahan ajar, inovasi media, dampaknya terhadap kompetensi kognitif maupun nonkognitif, serta tantangan implementasinya di konteks sekolah dasar hingga sekolah menengah. Hasil review menunjukkan bahwa integrasi STEM/STEAM secara konsisten memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan kemampuan berpikir kreatif, berpikir kritis, hasil belajar, pemahaman konsep, kemampuan koneksi matematis, keterampilan proses ilmiah, serta literasi sains dan teknologi siswa. Model pembelajaran yang paling efektif dalam implementasi STEM/STEAM adalah Project-Based Learning (PjBL), Problem-Based Learning (PBL), dan Challenge-Based Learning (CBL). Temuan lain menunjukkan bahwa media inovatif seperti Papan Gekola, animasi berbasis STEAM, modul berbasis proyek, hingga bahan ajar integratif mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik. Namun, terdapat tantangan berupa keterbatasan kompetensi guru, kurangnya fasilitas teknologi, serta belum terintegrasi STEM/STEAM secara eksplisit dalam

kebijakan kurikulum nasional. Kajian ini merekomendasikan perlunya pelatihan guru secara berkelanjutan, penguatan kurikulum berbasis interdisipliner, dan penelitian lanjutan tentang integrasi aspek psikologis seperti motivasi dan self-efficacy dalam pembelajaran STEM/STEAM.

Kata kunci: STEM, STEAM, pembelajaran MIPA, keterampilan abad 21, sistematik literatur review.

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada abad ke-21 menuntut dunia pendidikan untuk menghasilkan generasi yang tidak hanya menguasai pengetahuan konseptual, tetapi juga mampu berpikir kritis, kreatif, mampu bekerja sama, serta memiliki literasi sains dan teknologi yang tinggi. Pembelajaran tradisional yang bersifat satu arah terbukti tidak lagi memadai dalam menyiapkan generasi muda menghadapi tantangan global seperti digitalisasi, revolusi industri 4.0 hingga 5.0, dan perubahan sosial-budaya yang sangat cepat.

Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) kemudian diperkenalkan sebagai solusi integratif yang menghubungkan konsep-konsep ilmiah dengan proses berpikir rekayasa, teknologi, dan pemecahan masalah dunia nyata. STEM dipandang mampu mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (*higher-order thinking skills*), terutama pemikiran kritis, pemecahan masalah kompleks, dan kemampuan komunikasi ilmiah. Seiring berkembangnya praktik pendidikan, muncul perkembangan baru yaitu STEAM, di mana unsur “Art” ditambahkan ke dalam STEM. Penambahan unsur seni terbukti memperkuat kemampuan berpikir divergen, kreativitas, imajinasi, dan empati siswa dalam memahami fenomena ilmiah maupun matematis. Hal ini diperkuat oleh Belbase et al. (2022), yang menegaskan bahwa STEAM hadir sebagai pendekatan yang menyeimbangkan aspek logis-analitis dengan aspek estetis-kreatif sehingga pembelajaran menjadi lebih humanis dan bermakna.

Dalam konteks Indonesia, kebutuhan penerapan STEM dan STEAM semakin menguat seiring implementasi Kurikulum Merdeka yang menempatkan profil pelajar Pancasila sebagai visi utama pendidikan. Keterampilan yang ditekankan dalam profil pelajar Pancasila seperti bernalar kritis, kreatif, mandiri, dan gotong royong sangat sejalan dengan karakteristik pembelajaran STEM/STEAM. Oleh karena itu, berbagai penelitian di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir mulai mengeksplorasi implementasi pendekatan ini di sekolah dasar hingga sekolah menengah, khususnya dalam pembelajaran MIPA.

Namun, meskipun banyak penelitian menunjukkan efektivitasnya, implementasi STEM dan STEAM pada pembelajaran MIPA belum sepenuhnya mapan. Tantangan seperti kompetensi guru, keterbatasan sarana, kurangnya panduan kurikulum, dan keterbatasan waktu masih menjadi hambatan utama di berbagai sekolah. Oleh sebab itu, diperlukan sebuah kajian sistematis yang dapat memetakan temuan-temuan penelitian secara komprehensif untuk memberikan gambaran utuh tentang efektivitas, kelemahan, peluang, dan tantangan implementasi pendekatan ini.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis implementasi STEM dan STEAM dalam pembelajaran MIPA berdasarkan hasil penelitian nasional dan internasional, mengidentifikasi dampak penerapan STEM/STEAM terhadap hasil belajar, kreativitas, kemampuan berpikir kritis, dan keterampilan abad ke-21 siswa, mengelompokkan model pembelajaran dan inovasi media pembelajaran berbasis STEM/STEAM yang muncul dalam penelitian, mengidentifikasi tantangan dan hambatan implementasi STEM dan STEAM di sekolah serta memberikan rekomendasi teoritis dan praktis bagi guru, sekolah, dan peneliti selanjutnya.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review (SLR)*, yaitu metode yang melakukan pengumpulan, seleksi, evaluasi, dan sintesis terhadap sejumlah penelitian relevan secara sistematis dan terstruktur. SLR dipilih karena memungkinkan peneliti memperoleh gambaran umum mengenai perkembangan penelitian STEM dan STEAM secara komprehensif dalam kurun waktu tertentu. Pencarian artikel dilakukan melalui basis data Google Scholar, ScienceDirect, SpringerLink, Taylor & Francis, DOAJ, ERIC dan SINTA.

Kata kunci yang digunakan mencakup kombinasi: “STEM education”, “STEAM learning”, “project-based learning”, “creative thinking”, “critical thinking”, “mathematics education”, “science education”, “literasi sains”, “kompetensi abad 21”, “model pembelajaran MIPA”. Artikel dimasukkan jika memenuhi kriteria terbit tahun 2020–2025, menggunakan pendekatan STEM atau STEAM, fokus pada pembelajaran MIPA, menggunakan metode empiris atau pengembangan media, dipublikasikan di jurnal nasional terakreditasi atau jurnal internasional bereputasi. Proses Seleksi Artikel dari 53 artikel yang ditemukan terdapat 12 artikel dieliminasi karena tidak relevan dengan STEM/STEAM, 8 artikel memiliki kualitas metodologis rendah dan 12 artikel tidak berfokus pada MIPA, sehingga tersisa 21 jurnal yang dianalisis.

Teknik Ekstraksi dan Analisis Data dilakukan melalui *Content analysis*, Koding tematik, Sintesis deskriptif, Komparasi antar penelitian, dan Analisis tren penelitian. Tema besar akhir yang diperoleh adalah Integrasi STEM/STEAM dalam pembelajaran matematika, Pengembangan media dan bahan ajar, Dampak terhadap kompetensi abad ke-21, dan tantangan implementasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Integrasi STEM dan STEAM dalam Pembelajaran Matematika

Temuan dari 21 jurnal menunjukkan bahwa integrasi STEM maupun STEAM pada pembelajaran matematika memberikan pengaruh signifikan terhadap berbagai aspek kemampuan matematis siswa, terutama kemampuan tingkat tinggi (*Higher-Order Thinking Skills*). Dari seluruh artikel, setidaknya terdapat lima indikator dominan yang terus muncul, yaitu peningkatan kemampuan berpikir kreatif, peningkatan kemampuan berpikir kritis, penguatan koneksi matematis, peningkatan representasi matematis, dan peningkatan pemahaman konsep. Temuan-temuan ini selaras dengan visi pendidikan matematika abad ke-21 yang menekankan kemampuan analisis, kreativitas, pemecahan masalah, dan integrasi teknologi.

A. Integrasi STEM untuk Meningkatkan Kompetensi Matematis Abad ke-21

Penelitian oleh Saputri dan Herman (2022) pada jurnal ke-1 merupakan salah satu rujukan penting yang menyoroti bagaimana integrasi STEM dalam pembelajaran matematika menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna dan relevan dengan kebutuhan generasi modern. Mereka menyimpulkan bahwa STEM mendorong siswa untuk mengaitkan konsep matematis dengan fenomena nyata, sehingga menguatkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Dalam implementasinya, mereka menyatakan bahwa pembelajaran STEM pada matematika memiliki tiga karakteristik kunci:

1. Pembelajaran berorientasi masalah nyata (*real-world problem-based*)
Siswa tidak hanya menyelesaikan soal, tetapi juga menganalisis fenomena alam, teknologi, dan konstruksi.
2. Integrasi teknologi dalam proses penyelesaian masalah
Misalnya penggunaan aplikasi grafik, simulasi, atau platform coding sederhana.

3. Proses rekayasa (*engineering design process*)

Siswa diajak melakukan perancangan, pengujian, revisi, dan evaluasi proyek matematika tertentu.

Model seperti ini terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan analitis pada siswa SMP dan SMA.

B. Penerapan PjBL-STEM dalam Meningkatkan Kreativitas Matematis

Penelitian oleh Djam'an, Amaliah, dan Arwadi (2025) pada jurnal ke-2 menunjukkan bahwa Project-Based Learning (PjBL) berbasis STEM pada materi bangun ruang sisi lengkung mampu meningkatkan kreativitas matematis secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh tiga hal utama:

1. Kontekstualisasi konsep geometri

Siswa diminta merancang dan membangun model bangun ruang menggunakan pendekatan rekayasa sederhana, sehingga konsep abstrak menjadi konkret.

2. Kolaborasi dan eksplorasi bebas

Kegiatan proyek membuka ruang untuk menemukan ide kreatif yang bukan hanya berasal dari guru, tetapi dari diskusi antar siswa.

3. Integrasi teknologi

Penggunaan aplikasi desain 3D sederhana meningkatkan kualitas representasi dan memperkuat pemahaman spasial.

Hasil penelitian ini menegaskan bahwa kreativitas tidak dapat tumbuh hanya melalui latihan soal, tetapi melalui kegiatan proyek yang memadukan matematika dengan desain dan rekayasa.

C. PBL Berbasis STEM untuk Meningkatkan Koneksi Matematis

Penelitian Nuryanto dan Yuliardi (2023) pada jurnal ke-3 menyoroti aspek berbeda yaitu kemampuan koneksi matematis. Model *Problem-Based Learning (PBL)* berbasis STEM digunakan pada siswa SMP, dan hasilnya menunjukkan peningkatan signifikan pada kemampuan siswa untuk menghubungkan konsep matematika satu dengan lainnya, mengaitkan matematika dengan sains dan teknologi, serta menerapkan konsep matematika dalam kehidupan nyata.

Model PBL-STEM mendorong siswa untuk melihat matematika sebagai sistem terintegrasi, bukan kumpulan topik terpisah. Temuan ini sangat penting mengingat salah satu kelemahan pembelajaran matematika di Indonesia adalah lemahnya kemampuan siswa dalam menghubungkan konsep.

D. Peran Seni dalam STEAM untuk Memperkaya Pembelajaran Matematika

Integrasi ART dalam STEM menjadi salah satu pembahasan utama dalam penelitian internasional oleh Belbase et al. (2022) pada jurnal ke-4. Mereka menjelaskan bahwa penambahan unsur seni tidak mengurangi aspek keilmiahinan, tetapi justru memperkaya proses berpikir matematis melalui penggunaan visualisasi kreatif, penguatan imajinasi untuk memahami pola, peningkatan apresiasi estetika terhadap struktur matematika, penerapan desain inovatif dalam kegiatan proyek. Sebagai contoh, ketika siswa mendesain jembatan mini atau bangunan geometri, aspek estetika membuat mereka lebih tertarik dan termotivasi. Siswa tidak hanya berpikir logis tetapi juga mempertimbangkan keindahan, keseimbangan, dan harmoni.

E. Pengaruh STEAM terhadap Kemampuan Representasi Matematis

Penelitian oleh Wardania, Dewia, dan Waluya (2024) pada jurnal ke-11 mengenai *Challenge-Based Learning* terintegrasi STEAM menunjukkan bahwa representasi matematis

siswa meningkat, terutama pada aspek representasi gambar, representasi simbolik, representasi verbal, dan representasi numerik. Hal ini karena STEAM menempatkan visualisasi sebagai elemen penting. Siswa diminta merancang visualisasi matematis dalam bentuk gambar, sketsa, desain artistik, atau model digital.

F. Temuan Sintesis Tema 1

Berdasarkan sintesis seluruh jurnal yang masuk kategori tema 1, diperoleh lima kesimpulan utama bahwa STEM/STEAM meningkatkan pemahaman dan penalaran matematis secara signifikan, Model pembelajaran paling efektif adalah PjBL, PBL, dan CBL, Unsur seni dalam STEAM meningkatkan kreativitas dan representasi matematis, Integrasi teknologi menjadi kunci keberhasilan pembelajaran matematika berbasis STEM/STEAM, Pembelajaran matematika menjadi lebih bermakna dan kontekstual.

Pengembangan Media dan Bahan Ajar Berbasis STEM/STEAM

Integrasi STEM dan STEAM dalam pembelajaran MIPA tidak hanya berkaitan dengan model pembelajaran, tetapi juga erat hubungannya dengan inovasi media dan bahan ajar. Media berbasis proyek, animasi, modul berbasis STEAM, hingga perangkat ajar digital terbukti memiliki peran besar dalam meningkatkan keterlibatan dan pemahaman peserta didik. Dari 21 jurnal, terdapat setidaknya sembilan penelitian yang berfokus pada pengembangan media atau bahan ajar berbasis STEM/STEAM.

Hasil sintesis menunjukkan bahwa media berbasis STEAM bukan sekadar alat bantu visual, melainkan instrumen pedagogis yang mampu mengintegrasikan seni, teknologi, dan rekayasa ke dalam penyajian konsep matematika maupun IPA. Pada bagian ini, media dan bahan ajar dibagi menjadi tiga kategori utama, yaitu media konkret inovatif, modul dan bahan ajar berbasis proyek, dan media berbasis teknologi dan digital.

1. Media Konkret Inovatif Berbasis STEAM

Papan Gekola sebagai Media Pembelajaran STEAM

Penelitian oleh Noni Dwi Sari dan Setiawan (2020) pada jurnal ke-10 mengembangkan media inovatif bernama *Papan Gekola*, yang merupakan alat peraga berbasis STEAM yang menggabungkan unsur seni, geometri, warna, dan kreativitas siswa. Media ini dirancang khusus untuk memberikan pengalaman belajar aktif pada siswa dalam memahami konsep geometri dua dimensi dan tiga dimensi.

Keunggulan Papan Gekola antara lain:

- a) Keterlibatan multisensori
Siswa tidak hanya melihat dan mengamati, tetapi juga memegang, menyusun, merangkai, dan menciptakan pola geometri tertentu.
- b) Integrasi seni dan matematika
Penggunaan warna, pola estetik, dan desain kreatif memfasilitasi siswa belajar geometri dengan cara yang menyenangkan dan tidak membosankan.
- c) Dukungan eksplorasi mandiri
Siswa dapat membentuk bangun geometri, memecahkan masalah, dan membuat desain artistik tanpa batasan struktur formal dari buku teks.
- d) Peningkatan koneksi matematika–seni–teknologi
Pada tahap lanjutan, siswa dapat diminta mendesain pola pada aplikasi digital, sehingga pengalaman belajar semakin kaya.

Penelitian ini menunjukkan bahwa media sederhana berbasis STEAM mampu memfasilitasi pembelajaran geometri secara lebih aktif, kreatif, dan bermakna.

2. Modul dan Bahan Ajar Berbasis Proyek

a. Modul Matematika STEAM untuk Mengembangkan Kreativitas

Penelitian oleh Baidho, Maslihah, dan Cahyono (2025) pada jurnal ke-20 mengembangkan modul matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEAM untuk materi bangun ruang dan geometri. Modul ini dikembangkan melalui tahap *research and development* (R&D) dan diujicobakan pada siswa SMP.

Temuan penelitian menunjukkan tiga hal penting:

1. Validitas modul sangat tinggi

Para ahli menilai modul layak digunakan karena isinya mencakup integrasi desain, eksperimen, dan analisis matematis.

2. Praktikalitas modul tinggi

Guru dan siswa merasa modul mudah digunakan, mudah dipahami, dan sangat membantu proses pembelajaran proyek.

3. Efektivitas modul terhadap kreativitas siswa

Penggunaan modul terbukti meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa, terutama keluwesan ide, elaborasi, dan orisinalitas dalam menyelesaikan masalah matematika.

Modul berbasis STEAM terbukti menjadi solusi yang efektif terutama untuk topik matematika yang membutuhkan pemahaman spasial dan representasi visual.

b. Bahan Ajar IPA Berbasis STEAM

Penelitian oleh Mariyana dan Usman (2023) pada jurnal ke-18 mengembangkan bahan ajar IPA berbasis STEAM di Pasraman Adi Widya. Materi pembelajaran IPA dikaitkan dengan konteks budaya lokal, desain seni, dan eksperimen ilmiah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan ajar ini mampu meningkatkan hasil belajar IPA, meningkatkan keterampilan kolaboratif siswa, mengintegrasikan seni tradisional dalam konsep sains, dan meningkatkan kemampuan observasi dan eksplorasi ilmiah. Kombinasi aspek sains dan seni memberikan pengalaman pembelajaran yang unik dan sangat relevan dengan karakteristik sosial budaya siswa.

c. Pengembangan Bahan Ajar Melalui Pendekatan STEAM untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Kreatif

Hasil penelitian Rahmayanti, Nugraheni, dan Lestari (2024) pada jurnal ke-16 menunjukkan bahwa bahan ajar STEAM yang dirancang berbasis eksperimen ilmiah mampu meningkatkan *keterampilan proses kreatif* siswa. Keterampilan tersebut meliputi kemampuan mengobservasi, memformulasi pertanyaan, mengembangkan hipotesis, merancang percobaan, mengevaluasi data, dan menghasilkan solusi inovatif. Penelitian ini memberikan bukti bahwa STEAM mampu membangun pemikiran ilmiah secara sistematis sekaligus kreatif.

3. Media Berbasis Teknologi dan Digital

a. Media Animasi Berbasis STEAM

Penelitian oleh Pondoki, Warouw, dan Rungkat (2023) pada jurnal ke-17 mengembangkan media animasi berbasis STEAM pada materi pencemaran lingkungan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa media animasi dapat meningkatkan pemahaman konsep IPA, meningkatkan motivasi belajar siswa, menghubungkan sains dan teknologi melalui visualisasi digital, serta mendorong siswa menganalisis fenomena lingkungan secara ilmiah. Visualisasi digital memperkuat representasi konsep abstrak yang sulit dicapai melalui metode ceramah tradisional.

b. Integrasi STEM dan STEAM dalam Media Interaktif

Penelitian internasional oleh Kaldaras dan Wieman (2025) pada jurnal ke-5 menunjukkan bahwa *blended sensemaking* berbasis STEM science membantu siswa dari kelompok marginal untuk memahami hubungan matematika dan sains melalui alat digital interaktif, simulasi fisika, dan platform eksploratif.

Beberapa temuan penting yaitu: media digital membuat siswa lebih percaya diri mengeksplorasi konsep, sensemaking meningkat karena siswa melihat hubungan langsung antara perhitungan matematis dan fenomena sains, teknologi memperkuat pengalaman eksperimen yang tidak memungkinkan dilakukan di laboratorium nyata. Temuan ini menegaskan bahwa media digital bukan sekadar pelengkap, tetapi elemen inti dalam pembelajaran STEM modern.

4. Sistematisasi Pengembangan Kurikulum Berbasis STEM

Penelitian oleh Mustofiyah, Rahmawati, dan Ghufron (2024) pada jurnal ke-12 tidak hanya berfokus pada media, tetapi pada pengembangan kurikulum STEM secara sistematis. Mereka meninjau 30 artikel internasional dan nasional dan menemukan bahwa Kurikulum STEM harus berorientasi kompetensi, integrasi STEM harus eksplisit dalam tujuan pembelajaran, guru membutuhkan panduan implementasi yang jelas, Kurikulum perlu memuat proyek lintas disiplin, dan penilaian perlu diarahkan pada keterampilan abad ke-21, bukan hanya hasil kognitif. Penelitian ini sangat penting karena menegaskan bahwa media dan modul STEAM tidak akan efektif jika kurikulumnya sendiri tidak mendukung.

5. Sintesis Tema 2

- Jika seluruh penelitian pada tema ini disintesikan, diperoleh lima kesimpulan utama:
- Media dan modul berbasis STEAM menciptakan pembelajaran yang lebih kreatif, kontekstual, dan menyenangkan.
 - Pengembangan media inovatif seperti Papan Gekola dan animasi STEAM meningkatkan pemahaman konsep secara signifikan.
 - Modul berbasis proyek menjadi sarana efektif dalam mengembangkan kreativitas dan pemecahan masalah.
 - Bahan ajar STEAM meningkatkan keterampilan proses ilmiah siswa.
 - Kurikulum perlu mendukung penerapan media STEAM agar implementasi berjalan optimal.

C. Dampak Implementasi STEM/STEAM terhadap Keterampilan Abad ke-21

Keterampilan abad ke-21 yang meliputi kreativitas, pemikiran kritis, komunikasi, kolaborasi, literasi teknologi, dan kemampuan pemecahan masalah menjadi tuntutan esensial dalam dunia pendidikan masa kini. Penelitian terkait implementasi STEM dan STEAM pada pembelajaran MIPA menunjukkan kontribusi signifikan terhadap pengembangan keterampilan tersebut. Dari 21 jurnal yang dianalisis, lebih dari 80% melaporkan peningkatan yang nyata dalam berbagai kemampuan abad ke-21.

Secara umum, penelitian dapat dikelompokkan menurut enam aspek keterampilan abad ke-21, yaitu kemampuan berpikir kreatif, kemampuan berpikir kritis, kemampuan pemecahan masalah, kolaborasi dan komunikasi, literasi teknologi, literasi sains dan proses ilmiah.

Bagian ini membahas temuan penelitian terkait masing-masing aspek secara mendalam.

1. Pengaruh STEM/STEAM terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif

Kreativitas merupakan salah satu kemampuan paling dominan yang meningkat akibat penerapan STEM dan STEAM. Setidaknya ada tujuh penelitian dalam kumpulan 21 jurnal yang mendokumentasikan peningkatan kreativitas secara signifikan.

a) Temuan dari Pembelajaran Matematika

Penelitian oleh Djam'an, Amaliah, dan Arwadi (2025) pada jurnal ke-2 menunjukkan bahwa model PjBL-STEM pada bangun ruang sisi lengkung mampu meningkatkan empat indikator kreativitas, yaitu *fluency* (kelancaran menghasilkan ide), *flexibility* (keluwesan berpikir), *originality* (orisinalitas), dan *elaboration* (kemampuan merinci).

Kreativitas muncul karena siswa dituntut mendesain model bangun ruang tiga dimensi secara nyata, bukan hanya menggambarnya secara abstrak di buku. Penelitian Angela dan Rahayu (2025) pada jurnal ke-7 juga menunjukkan bahwa pendekatan STEM mengarahkan siswa menemukan hubungan kreatif antara konsep matematika dan desain rekayasa dalam konteks kehidupan nyata.

b) Temuan dari Pembelajaran IPA

Dalam ranah IPA, kreativitas siswa meningkat secara signifikan ketika mereka terlibat dalam proyek ilmiah berbasis STEAM. Penelitian oleh Rahmayanti, Nugraheni, dan Lestari (2024) pada jurnal ke-16 menunjukkan bahwa proses kreatif ilmiah—yang meliputi merancang percobaan, mengembangkan model, dan mengevaluasi data—meningkat tajam pada siswa yang belajar menggunakan bahan ajar STEAM.

Temuan ini diperkuat oleh penelitian Pitaloka dan Sinaga (2023) pada jurnal ke-14 yang membuktikan bahwa pembelajaran STEAM mampu meningkatkan kreativitas anak usia sekolah dasar. Unsur “seni” dalam STEAM berperan besar dalam mendorong kreativitas karena memberikan ruang untuk eksplorasi bebas melalui desain, visualisasi, dan ekspresi artistik.

c) Sintesis Pengaruh terhadap Kreativitas

Jika seluruh jurnal disintesikan, tepat bahwa STEAM lebih unggul daripada STEM dalam meningkatkan kreativitas karena elemen “Art” memberikan stimulus visual dan emosional yang lebih kuat. Namun, integrasi STEM itu sendiri sudah cukup untuk memfasilitasi *divergent thinking* karena pembelajaran dilakukan melalui pemecahan masalah kompleks.

2. Pengaruh STEM/STEAM terhadap Kemampuan Berpikir Kritis

Kemampuan berpikir kritis merupakan tuntutan utama dalam pembelajaran sains dan matematika. Dari seluruh jurnal yang direview, terdapat kecenderungan yang jelas bahwa pendekatan STEM dan STEAM mampu meningkatkan *critical thinking* siswa secara signifikan.

a) Temuan dari STEM Matematika

Penelitian Saputri dan Herman (2022) pada jurnal ke-1 menunjukkan bahwa integrasi STEM dalam pembelajaran matematika mendorong siswa untuk melakukan analisis mendalam terhadap data, evaluasi terhadap model matematika, justifikasi terhadap solusi, dan refleksi terhadap strategi pemecahan masalah. Komponen pemikiran kritis lahir dari proses *engineering design*, di mana siswa harus merancang, mengevaluasi, dan merevisi solusi matematika mereka.

b) Temuan dari STEAM IPA

Menurut Pondoki et al. (2023) pada jurnal ke-17, penggunaan media animasi STEAM pada materi pencemaran lingkungan menghasilkan peningkatan kemampuan berpikir kritis karena siswa dituntut untuk menganalisis sebab-akibat fenomena, memahami konsekuensi ekologis, membandingkan berbagai alternatif solusi, dan membuat keputusan berdasarkan bukti ilmiah. Sementara itu, penelitian Puspitaningtyas et al. (2025) pada jurnal ke-15 menegaskan bahwa pembelajaran IPA berbasis STEAM sangat efektif mencapai indikator *critical thinking* seperti klarifikasi, inferensi, dan evaluasi bukti.

c) Sintesis Pengaruh terhadap Pemikiran Kritis

Dari seluruh penelitian, ditemukan tiga alasan utama mengapa STEM/STEAM efektif meningkatkan pemikiran kritis. Tiga alasan tersebut adalah pembelajaran berbasis masalah dan

proyek menuntut siswa melakukan analisis mendalam, integrasi rekayasa mendorong siswa mengevaluasi solusi secara sistematis, dan unsur seni dan visualisasi dalam STEAM memperkuat kemampuan interpretasi data.

3. Pengaruh terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah

Pemecahan masalah (*problem solving*) adalah pusat filosofi STEM. Banyak penelitian membuktikan bahwa kegiatan proyek, rekayasa sederhana, dan eksperimen ilmiah mendorong siswa untuk mengaplikasikan konsep MIPA ke situasi nyata.

Temuan utama dari penelitian Agfiyah dan Fuada (2024) pada jurnal ke-9 menunjukkan bahwa pendekatan STEM tidak hanya meningkatkan hasil belajar matematika, tetapi juga kemampuan pemecahan masalah secara signifikan. Siswa yang belajar menggunakan STEM lebih mampu merumuskan masalah, memilih strategi yang tepat, menguji alternatif solusi, dan merefleksi hasil yang diperoleh.

Pendekatan serupa ditemukan dalam penelitian Chistyakov et al. (2023) pada jurnal ke-6 yang menegaskan bahwa PjBL pada pendidikan STEAM sains meningkatkan *problem-solving* karena memberi pengalaman langsung dalam menghadapi persoalan nyata.

4. Pengaruh terhadap Kolaborasi dan Komunikasi

Kemampuan berkolaborasi dan berkomunikasi menjadi semakin dominan dalam era digital. STEM/STEAM mendorong siswa bekerja dalam kelompok, merancang proyek bersama, dan mempresentasikan hasil penelitian.

a) Kolaborasi dalam PjBL-STEM

Menurut Djam'an et al. (2025) pada jurnal ke-2 dan Wardania et al. (2024) pada jurnal ke-11, pembelajaran proyek STEAM memberikan ruang bagi siswa untuk berdiskusi, membagi tugas, mengelola konflik akademik, menyatukan ide kreatif, dan melakukan presentasi kelompok. Kegiatan proyek membutuhkan koordinasi intens, sehingga kolaborasi menjadi kemampuan yang meningkat secara alami.

b) Komunikasi dalam STEAM IPA

Penelitian Mariyana dan Usman (2023) pada jurnal ke-18 menunjukkan bahwa pembelajaran IPA berbasis STEAM meningkatkan kemampuan komunikasi ilmiah siswa, terutama saat menjelaskan rancangan proyek, mempresentasikan data eksperimen, menuliskan laporan ilmiah, menyampaikan argumen secara visual melalui gambar, grafik, atau model.

5. Pengaruh terhadap Literasi Teknologi

Literasi teknologi adalah kemampuan mengoperasikan, mengevaluasi, dan memanfaatkan teknologi digital dalam proses pembelajaran. Penelitian Kaladaras dan Wieman (2025) pada jurnal ke-5 menunjukkan bahwa siswa mengalami peningkatan signifikan dalam literasi teknologi ketika pembelajaran STEM dilakukan melalui pendekatan *blended sensemaking*, terutama dengan penggunaan simulasi digital, alat ukur berbasis sensor, media interaktif, dan perangkat lunak desain. Penelitian ini sangat relevan untuk konteks Indonesia karena literasi digital menjadi kebutuhan mendesak dalam Kurikulum Merdeka.

6. Pengaruh terhadap Literasi Sains dan Keterampilan Proses Ilmiah

Penelitian oleh Rahmayanti et al. (2024) pada jurnal ke-16 dan Puspitaningtyas et al. (2025) pada jurnal ke-15 menemukan bahwa STEAM memiliki pengaruh langsung terhadap kemampuan merumuskan masalah ilmiah, merancang eksperimen, memahami variabel, mengolah data, menarik kesimpulan berdasarkan bukti. STEAM memberikan pengalaman langsung dalam metode ilmiah (*scientific inquiry*) sehingga literasi ilmiah meningkat signifikan.

7. Sintesis Tema 3

Dari seluruh temuan penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

- Kreativitas meningkat paling signifikan melalui STEAM.
- Pemikiran kritis dan pemecahan masalah paling meningkat melalui STEM.
- Kolaborasi dan komunikasi meningkat melalui model PjBL dan CBL.
- Literasi teknologi meningkat melalui media digital STEAM.
- Literasi sains meningkat melalui eksperimen ilmiah STEAM.

Secara keseluruhan, STEM dan STEAM terbukti menjadi pendekatan paling relevan dalam membangun kompetensi inti abad ke-21 dalam pembelajaran MIPA.

D. Tantangan Implementasi STEM/STEAM dalam Pembelajaran MIPA

Meskipun berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan STEM dan STEAM memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan kompetensi abad ke-21 siswa, implementasi pendekatan ini tidak terlepas dari tantangan yang kompleks dan multidimensional. Tantangan tersebut muncul pada berbagai level: guru, sekolah, siswa, fasilitas, kurikulum, hingga kebijakan pendidikan nasional.

Berdasarkan sintesis dari 21 jurnal yang direview, terdapat empat kategori tantangan utama, yaitu tantangan kompetensi guru, tantangan sarana dan fasilitas, tantangan kurikulum dan manajemen sekolah, tantangan kegiatan kepala sekolah, tantangan karakteristik siswa dan budaya belajar. Pada bagian ini, setiap tantangan dibahas secara mendalam berdasarkan temuan-temuan penelitian.

1. Tantangan Kompetensi Guru dalam Mengimplementasikan STEM/STEAM

Hampir seluruh penelitian menegaskan bahwa kompetensi guru baik pedagogik maupun teknis menjadi faktor paling krusial dalam keberhasilan STEM/STEAM. Guru merupakan aktor utama yang menerjemahkan konsep integratif ke dalam desain pembelajaran, oleh karena itu kelemahan pada sisi ini akan memengaruhi keseluruhan proses.

a) Guru Belum Memahami Konsep Integratif STEM/STEAM secara Mendalam

Penelitian Berliany, Nadiroh, dan Usman (2021) pada jurnal ke-21 menunjukkan bahwa banyak guru sekolah dasar masih memahami STEM/STEAM secara parsial. Guru menganggap STEAM hanya sebagai penambahan aktivitas seni atau proyek sederhana, padahal pendekatan ini mengharuskan integrasi lima disiplin secara holistik.

Beberapa temuan dari penelitian tersebut adalah guru masih kesulitan mengintegrasikan sains, matematika, teknologi, rekayasa, dan seni dalam satu rangkaian pembelajaran, guru belum terbiasa merancang tugas proyek lintas disiplin dan guru cenderung kembali ke metode ceramah karena keterbatasan pemahaman.

b) Keterbatasan Guru dalam Merancang Proyek dan Eksperimen

Penelitian Wardania et al. (2024) pada jurnal ke-11 mengungkapkan bahwa penerapan *Challenge-Based Learning (CBL)* terintegrasi STEAM belum optimal karena guru kesulitan merumuskan tantangan yang autentik, mendesain aktivitas eksperimen yang aman dan efektif, menyusun rubrik penilaian keterampilan kreatif dan representasi matematis, serta mengelola waktu antara tahap eksplorasi, prototyping, dan presentasi. Keterbatasan kemampuan dalam merancang proyek membuat pembelajaran STEAM berlangsung tidak terstruktur.

c) Rendahnya Penguasaan Teknologi oleh Guru

Penelitian Kaldaras dan Wieman (2025) pada jurnal ke-5 menegaskan bahwa guru memiliki peran penting dalam memfasilitasi *blended sensemaking*. Namun banyak guru tidak menguasai penggunaan aplikasi simulasi, tidak memahami konsep pengolahan data digital, dan tidak mampu memanfaatkan media interaktif secara maksimal. Kesenjangan literasi digital guru menghambat transformasi pembelajaran MIPA berbasis teknologi.

d) Sintesis Tantangan Kompetensi Guru

Secara keseluruhan, tantangan kompetensi guru dapat dirangkum sebagai pemahaman konsep STEM/STEAM yang belum mendalam, kesulitan merancang proyek kompleks, rendahnya literasi teknologi, tidak terbiasanya guru melakukan asesmen autentik. Hal ini sejalan dengan rekomendasi berbagai penelitian bahwa pelatihan guru harus menjadi prioritas utama dalam implementasi STEM/STEAM.

2. Tantangan Sarana, Prasarana, dan Fasilitas Sekolah

Ketersediaan fasilitas menjadi salah satu hambatan signifikan terutama pada sekolah dengan anggaran terbatas. Temuan ini muncul dalam hampir semua jurnal nasional yang dikaji.

a) Akses Terbatas terhadap Teknologi dan Peralatan Rekayasa

Menurut Pondoki, Warouw, dan Rungkat (2023) pada jurnal ke-17, penggunaan media animasi berbasis STEAM membutuhkan perangkat digital memadai. Namun banyak sekolah menghadapi keterbatasan komputer atau tablet, laboratorium IPA yang kurang lengkap, tidak tersedianya alat eksperimen sederhana, akses internet tidak stabil. Hal ini menghambat eksplorasi teknologi yang merupakan bagian integral dari STEM dan STEAM.

b) Bahan Ajar dan Media Pembelajaran Masih Terbatas

Beberapa penelitian seperti Baidho et al. (2025) pada jurnal ke-20 dan Sari & Setiawan (2020) pada jurnal ke-10 menunjukkan bahwa guru sangat terbantu ketika menggunakan modul atau media STEAM yang dikembangkan peneliti. Namun pada kenyataannya, sekolah tidak memiliki modul STEAM yang terstandarisasi, panduan eksperimen STEAM, alat peraga integratif seperti Papan Gekola, perangkat multimedia pendukung simulasi. Sekolah sering bergantung pada buku teks yang tidak mengakomodasi pembelajaran berbasis proyek.

c) Ketimpangan Fasilitas antar Sekolah Kota dan Daerah

Penelitian Nasrah et al. (2021) pada jurnal ke-13 menunjukkan bahwa sekolah-sekolah dasar di beberapa daerah menghadapi tantangan fasilitas yang lebih besar ruang kelas sempit, alat eksperimen minim, bahan prakarya tidak tersedia secara rutin, sulitnya mendapatkan bahan kimia atau peralatan sains standar. Kesenjangan ini menghambat pemerataan kualitas implementasi STEM/STEAM di Indonesia.

3. Tantangan Kurikulum dan Manajemen Sekolah

Tantangan implementasi tidak hanya terjadi pada level guru dan fasilitas, tetapi juga pada level kebijakan, kurikulum, dan manajemen sekolah.

a) Kurikulum Belum Terintegrasi secara Eksplisit

Penelitian Mustofiyah et al. (2024) pada jurnal ke-12 menunjukkan bahwa meskipun Kurikulum Merdeka memberi ruang untuk projek, integrasi STEM/STEAM tidak tercantum secara eksplisit dan sistematis. Hal ini menimbulkan kebingungan dalam merancang tujuan pembelajaran STEAM, diantaranya kesulitan menyusun asesmen keterampilan abad ke-21, dan ketidaksinkronan antara materi buku teks dan pembelajaran proyek STEAM.

b) Keterbatasan Waktu dalam Jadwal Pelajaran

Model PjBL, CBL, dan eksperimen ilmiah membutuhkan waktu lebih banyak dibanding metode ceramah tradisional. Banyak guru melaporkan kesulitan menyelesaikan proyek dalam waktu terbatas, benturan antara kegiatan proyek dan materi ujian, tekanan untuk mengejar kurikulum konten.

Penelitian Djam'an et al. (2025) pada jurnal ke-2 menunjukkan bahwa sering kali waktu proyek tidak cukup sehingga tahap revisi dan refleksi dihilangkan, padahal keduanya krusial dalam STEM.

c) Dukungan Manajemen Sekolah yang Minim

Menurut Berliany et al. (2021) pada jurnal ke-21, sekolah sering belum memahami urgensi STEAM, sehingga dukungan yang diberikan terbatas, tidak ada anggaran khusus, tidak ada pelatihan internal, tidak ada jadwal khusus untuk proyek lintas mata pelajaran. Padahal,

implementasi STEM/STEAM membutuhkan dukungan manajemen yang kuat agar pembelajaran dapat berjalan konsisten.

4. Tantangan dari Sisi Siswa dan Budaya Belajar

Implementasi STEM/STEAM juga dihadapkan pada tantangan dari sisi siswa.

a) Siswa Belum Terbiasa dengan Pembelajaran Berbasis Proyek

Penelitian Wardania et al. (2024) pada jurnal ke-11 mengungkap bahwa siswa pada awalnya mengalami kesulitan dalam bekerja dalam kelompok, membagi tugas secara adil, berdiskusi secara efektif, mengembangkan ide secara mandiri, melakukan eksplorasi tanpa instruksi detail dari guru. Siswa yang terbiasa dengan metode ceramah lebih cenderung pasif dan sulit beradaptasi.

b) Rendahnya Literasi Sains dan Matematika Awal

Beberapa penelitian seperti Imelda & Darhim (2023) pada jurnal ke-8 menunjukkan bahwa kemampuan dasar matematika siswa masih rendah, menyebabkan mereka kesulitan mengikuti aktivitas STEM/STEAM yang menuntut pemahaman konsep yang lebih mendalam. Hal serupa juga ditemukan dalam penelitian Puspitaningtyas et al. (2025) pada jurnal ke-15 dalam konteks IPA, siswa dengan literasi sains rendah mengalami kesulitan ketika dihadapkan pada eksperimen STEAM yang kompleks.

c) Tantangan Motivasi dan Persepsi terhadap Sains dan Matematika

Banyak siswa menganggap matematika sulit dan menakutkan. Ketika mereka dihadapkan dengan tugas proyek STEM yang membutuhkan pemikiran analitis dan rekayasa, beberapa siswa menjadi cemas dan kurang percaya diri.

5. Sintesis Tema 4

Berdasarkan pembahasan seluruh penelitian, tantangan implementasi STEM/STEAM dapat disimpulkan pada tabel 1.

Tabel 1. Tantangan Implementasi STEM/STEAM

Kategori Tantangan	Temuan Utama
Kompetensi Guru	Pemahaman konsep rendah, sulit merancang proyek, literasi teknologi rendah
Fasilitas	Teknologi terbatas, media tidak tersedia, laboratorium minim
Kurikulum & Manajemen	Kurikulum tidak eksplisit, waktu terbatas, dukungan sekolah minimal
Siswa & Budaya Belajar	Siswa tidak terbiasa proyek, literasi rendah, motivasi rendah

Keseluruhan temuan ini memperlihatkan bahwa keberhasilan implementasi STEM/STEAM tidak hanya bergantung pada model pembelajaran yang dipilih, tetapi harus didukung oleh lingkungan sekolah dan sistem pendidikan secara keseluruhan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian sistematis terhadap 21 jurnal nasional dan internasional yang terbit antara tahun 2020 hingga 2025, diperoleh beberapa kesimpulan utama sebagai berikut. Pertama, implementasi pendekatan STEM dan STEAM memberikan dampak positif yang signifikan terhadap peningkatan kompetensi siswa baik dalam ranah matematika maupun IPA. Seluruh jurnal yang dikaji menunjukkan peningkatan kemampuan berpikir tingkat tinggi seperti berpikir kreatif, berpikir kritis, pemecahan masalah, keterampilan proses sains, representasi matematis, dan pemahaman konsep. Temuan ini membuktikan bahwa STEM dan

STEAM efektif sebagai strategi pembelajaran abad ke-21 dan mampu menciptakan pembelajaran yang aktif, kontekstual, dan berbasis masalah (problem-centered learning).

Kedua, pengembangan media, modul, dan bahan ajar berbasis STEM/STEAM terbukti memperkuat efektivitas pembelajaran MIPA. Media inovatif seperti Papan Gekola, animasi digital, modul proyek, serta bahan ajar tematik STEAM membantu siswa menghubungkan konsep abstrak dengan situasi nyata. Penggunaan teknologi digital dan seni visual juga meningkatkan motivasi, keterlibatan, dan pemahaman siswa melalui proses eksplorasi dan desain kreatif. Dengan demikian, pendekatan STEAM secara khusus berperan dalam memperkaya aspek estetika, kreativitas, dan keterampilan desain.

Ketiga, pembelajaran STEM dan STEAM menunjukkan kontribusi penting dalam pengembangan keterampilan abad ke-21, terutama kreativitas, kolaborasi, komunikasi, literasi digital, dan kemampuan bekerja dalam tim. Siswa terlibat secara aktif dalam proses eksperimentasi, perancangan, evaluasi, serta presentasi proyek pembelajaran. Hal ini menegaskan bahwa STEM/STEAM tidak hanya meningkatkan hasil akademik, tetapi juga membangun karakter dan soft skills yang dibutuhkan dalam menghadapi tantangan era teknologi modern.

Keempat, penerapan STEM dan STEAM di sekolah masih menghadapi beberapa kendala, antara lain keterbatasan kompetensi guru dalam merancang pembelajaran berbasis proyek, keterbatasan fasilitas laboratorium, kurangnya dukungan kebijakan kurikulum, dan rendahnya kesiapan siswa dalam belajar mandiri. Meskipun demikian, berbagai studi merekomendasikan peningkatan pelatihan guru, penyediaan sarana pendukung, kolaborasi antar pemangku kepentingan, dan kebijakan penguatan kurikulum STEM/STEAM agar implementasi lebih optimal.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pendekatan STEM dan STEAM merupakan model pembelajaran yang relevan dan efektif untuk meningkatkan kualitas pendidikan MIPA dan mengembangkan keterampilan abad ke-21 siswa. Pembelajaran integratif berbasis proyek, masalah, dan teknologi perlu terus diperluas pada semua jenjang pendidikan sebagai strategi inovatif dalam menghadapi tuntutan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi global.

Berdasarkan temuan dan tantangan implementasi STEM/STEAM yang telah dibahas, beberapa rekomendasi dapat diajukan bagi berbagai pihak, yaitu bagi Guru MIPA, Guru perlu meningkatkan kompetensi dalam merancang pembelajaran berbasis proyek dan masalah melalui pelatihan yang berkelanjutan, Guru hendaknya memanfaatkan teknologi digital seperti simulasi, animasi, dan perangkat lunak desain dalam pembelajaran MIPA, Guru perlu membangun lingkungan belajar kolaboratif, di mana siswa ter dorong untuk berdiskusi, bertanya, bereksperimen, dan mempresentasikan hasil belajar, Penilaian dalam pembelajaran STEM/STEAM sebaiknya bersifat autentik, menilai proses dan produk proyek, bukan hanya nilai ujian akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifiyah, U. I., & Fuada, N. A. (2024). Dampak pendekatan STEM dalam pembelajaran matematika. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 9(1), 23–35.
- Angela, S. A., & Rahayu, W. (2025). Pendekatan STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis. *Jurnal Pendidikan Matematika Kreatif*, 8(2), 55–68.
- Baidho, F., Masliyah, S., & Cahyono, B. (2025). Pengembangan modul matematika berbasis proyek berpendekatan STEAM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Matematika*, 7(1), 12–28.

- Belbase, S., Mainali, B. R., Kasemsukpipat, W., Tairab, H., Gochoo, M., & Jarrah, A. (2022). At the dawn of STEAM education: Prospects, priorities, processes, and problems. *International Journal of STEM Education*, 9(4), 1–20.
- Berliany, N., Nadiroh, & Usman, H. (2021). Pembelajaran STEAM di sekolah dasar: Implementasi dan tantangan. *Jurnal Pendidikan Dasar Nusantara*, 8(2), 45–60.
- Chistyakov, A. A., Zhdanov, S. P., Avdeeva, E. L., Dyadichenko, E. A., Kunitsyna, M., & Yagudina, R. I. (2023). Exploring the characteristics and effectiveness of project-based learning for science and STEAM education. *Journal of Educational Research and Innovation*, 12(4), 155–170.
- Djam'an, N., Amaliah, N., & Arwadi, F. (2025). Pengaruh model PjBL dengan pendekatan STEM terhadap kemampuan berpikir kreatif matematis siswa SMP. *Jurnal Pendidikan Matematika Inovatif*, 6(1), 23–38.
- Imelda, V., & Darhim. (2023). Kemampuan pemahaman konsep matematis siswa SMP pada topik persegi panjang. *Jurnal Pendidikan Matematika Integratif*, 4(2), 77–85.
- Kaldaras, L., & Wieman, C. (2025). Investigating blended math-science sensemaking with historically marginalized STEM learners. *Science Education Review*, 34(2), 112–130.
- Mariyana, N. S. A., & Usman, H. (2023). Pengembangan bahan ajar IPA berbasis STEAM untuk meningkatkan hasil belajar siswa Adi Widya Pasraman. *Jurnal Pendidikan IPA Nusantara*, 5(1), 65–80.
- Mustofiyah, L., Rahmawati, F. P., & Ghufron, A. (2024). Pengembangan kurikulum berbasis STEM untuk meningkatkan kompetensi siswa di era digital: Tinjauan systematic literature review. *Jurnal Inovasi Kurikulum*, 10(3), 112–126.
- Nasrah, N., Amir, R. H., & Purwanti, R. Y. (2021). Efektivitas model pembelajaran STEAM pada siswa kelas IV SD. *Jurnal Pendidikan Dasar dan Humaniora*, 2(3), 189–200.
- Noni Dwi Sari, & Setiawan, J. (2020). Papan Gekola sebagai media pembelajaran matematika inovatif berpendekatan STEAM. *Jurnal Teknologi Pembelajaran Matematika*, 5(2), 45–59.
- Nuryanto, Y., & Yuliardi, R. (2023). Efektivitas model pembelajaran problem-based learning berbasis STEM terhadap kemampuan koneksi matematis. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 7(1), 30–42.
- Pitaloka, N., & Sinaga, S. I. (2023). Pengaruh pembelajaran berbasis STEAM terhadap kemampuan berpikir kreatif anak. *Jurnal Pendidikan Anak Indonesia*, 9(2), 102–115.
- Pondoki, P. H., Warouw, Z. W. M., & Rungkat, J. A. (2023). Pengaruh media animasi berbasis STEAM terhadap hasil belajar IPA materi pencemaran lingkungan. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 4(3), 70–83.

- Puspitaningtyas, D., Suryanti, S., Suprapto, N., & Julianto, J. (2025). Systematic literature review: Analisis pembelajaran IPA berbasis STEAM terhadap peningkatan kreativitas siswa. *Jurnal Pendidikan Sains Global*, 11(1), 23–41.
- Rahmayanti, L., Nugraheni, F. S. A., & Lestari, N. (2024). Penerapan pembelajaran IPA berbasis STEAM untuk meningkatkan keterampilan proses kreatif. *Jurnal Pendidikan Inovatif IPA*, 5(2), 49–63.
- Saputri, V., & Herman, T. (2022). Integrasi STEM dalam pembelajaran matematika: Dampak terhadap kompetensi abad ke-21. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 5(1), 247–260.
- Suryaningsih, S., & Nisa, F. A. (2021). Kontribusi STEAM project-based learning dalam mengukur keterampilan proses sains dan berpikir kreatif siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 3(2), 112–120.
- Wardania, V. R., Dewia, N. R., & Waluya, S. B. (2024). Implementasi model challenge-based learning terintegrasi STEAM terhadap kemampuan representasi matematis siswa. *Jurnal Pendidikan Matematika Kreatif*, 8(1), 33–47.