TRIGONOMETRI
ISSN 3030-8496

Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Vol 7 No 4 Tahun 2025
Prefix DOI : 10.3483/trigonometri.v1i1.800

SYSTEMATIC REVIEW: PERKEMBANGAN PENELITIAN PEMBELAJARAN IPA BERBASIS STEM DI INDONESIA

SYSTEMATIC REVIEW: DEVELOPMENT OF STEM-BASED SCIENCE LEARNING RESEARCH IN INDONESIA

Amilda Varia Azzahroh[1)]; Ernita Vika Aulia[2)], Muhammad Arif Mahdiannur[2)]
[1)] Surabaya, Jawa Timur, Indonesia
[2)] Program Studi S1 Pendidikan IPA, Fakultas Matematika dan Ilmu Pendidikan Alam, Universitas Negeri Surabaya
email: 24030654153@mhs.unesa.ac.id, ernitaaulia@unesa.ac.id, muhammadmahdiannur@unesa.ac.id

Abstrak. Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) berbasis *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) menjadi salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan dalam upaya meningkatkan kualitas pendidikan di Indonesia. Kajian ini bertujuan untuk meninjau secara sistematis perkembangan penelitian pembelajaran IPA berbasis STEM di Indonesia dalam kurun waktu 2019–2025. Metode yang digunakan adalah *systematic review* dengan menelaah delapan artikel nasional yang dipublikasikan pada jurnal terakreditasi. Analisis dilakukan terhadap tren tahun publikasi, jenjang pendidikan yang diteliti, pendekatan metodologis, serta fokus tematik penelitian. Hasil kajian menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian menggunakan desain kuasi-eksperimen pada jenjang SMP dan SMA, dengan fokus utama pada peningkatan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kreativitas siswa. Selain itu, mulai terlihat upaya integrasi STEM dengan model pembelajaran lain seperti *Learning Cycle 5E* serta perluasan menjadi STEAM untuk menekankan unsur seni dan kreativitas. Meskipun tren penelitian STEM menunjukkan perkembangan positif, masih ditemukan keterbatasan dalam variasi metodologi dan kajian longitudinal. Hasil tinjauan ini memberikan dasar bagi pengembangan penelitian lanjutan dan kebijakan pendidikan yang lebih terarah dalam mengimplementasikan pembelajaran STEM di Indonesia.

Kata Kunci: pembelajaran IPA, STEM, systematic review, tren penelitian, pendidikan Indonesia

Abstract. STEM-based science education has emerged as a key approach to improving the quality of learning in Indonesia. This study aims to systematically review the development of STEM-based science learning research in Indonesia between 2019 and 2025. A *systematic review* method was employed by analyzing eight nationally published and accredited journal articles. The analysis focused on publication trends, educational levels, methodological approaches, and thematic areas of research. The findings reveal that most studies employed quasi-experimental designs at the junior and senior high school levels, focusing primarily on enhancing students' critical thinking, problem-solving, and creativity skills. Additionally, there is a

Article History
Received: Oktober 2025
Reviewed: Oktober 2025
Published: Oktober 2025

Plagirism Checker No 772
Prefix DOI : 10.8734/ trigonometri.v1i2.365
Copyright : Author
Publish by : Tashdiq

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

TRIGONOMETRI
ISSN 3030-8496
Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Vol 1 No 2 Tahun 2024.
Prefix DOI : 10.3483/trigonometri.v1i1.800

growing tendency to integrate STEM with other learning models such as the *Learning Cycle 5E* and to expand toward STEAM to incorporate artistic and creative dimensions. Despite the positive trend, research diversity and longitudinal studies remain limited. This review provides a comprehensive overview of the current state of STEM-based science education research in Indonesia and offers insights for future research directions and policy development to strengthen STEM implementation in Indonesian schools.

Keywords: science education, STEM, systematic review, research trend, Indonesia

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di era Revolusi Industri 4.0 menuntut adanya perubahan paradigma dalam proses pendidikan, khususnya pada bidang Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Pembelajaran tidak lagi berfokus pada penguasaan konsep semata, tetapi juga pada kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, kolaborasi, dan literasi teknologi yang dikenal sebagai keterampilan abad ke-21. Salah satu pendekatan yang dianggap relevan untuk menjawab tantangan tersebut adalah *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM). Pendekatan ini menekankan integrasi antardisiplin ilmu dalam konteks kehidupan nyata agar siswa mampu mengaitkan konsep ilmiah dengan penerapan praktis di dunia modern.

Implementasi STEM dalam pembelajaran IPA di Indonesia mulai mendapat perhatian luas sejak pertengahan dekade 2010-an. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pendekatan ini efektif dalam meningkatkan hasil belajar, keterampilan berpikir tingkat tinggi, serta motivasi belajar siswa (Agustina et al., 2020; Firmansyah et al., 2022; Ahmad et al., 2021). Selain itu, integrasi STEM dengan model pembelajaran lain seperti *Learning Cycle 5E*, *Project-Based Learning*, dan *Problem-Based Learning* juga telah banyak dikaji untuk memperkaya strategi pembelajaran IPA yang inovatif dan kontekstual.

Namun demikian, meskipun penelitian tentang pembelajaran berbasis STEM di Indonesia menunjukkan peningkatan kuantitas, masih terdapat sejumlah permasalahan yang perlu diperhatikan. Pertama, sebagian besar penelitian bersifat kuasi-eksperimen dengan lingkup terbatas pada satu sekolah atau jenjang tertentu. Kedua, variasi metodologi dan pendekatan analisis masih terbatas, sehingga generalisasi hasil penelitian belum kuat. Ketiga, kajian longitudinal yang mampu menilai keberlanjutan efek pembelajaran STEM dalam jangka panjang masih jarang ditemukan (Widiyatmoko, 2023; Nugraha et al., 2023).

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu kajian yang mampu memetakan tren dan arah perkembangan penelitian pembelajaran IPA berbasis STEM di Indonesia secara komprehensif. Kajian ini tidak hanya penting untuk memberikan gambaran umum tentang fokus penelitian yang telah dilakukan, tetapi juga berperan dalam mengidentifikasi celah riset *(research gaps)* yang dapat menjadi dasar pengembangan penelitian selanjutnya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk meninjau secara sistematis artikel-artikel nasional yang membahas implementasi pembelajaran IPA berbasis STEM di Indonesia dalam rentang waktu 2019–2025.

TRIGONOMETRI
ISSN 3030-8496
Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Vol 1 No 2 Tahun 2024.
Prefix DOI : 10.3483/trigonometri.v1i1.800

METODE

Kajian ini menggunakan metode **systematic review** dengan pendekatan deskriptif-analitis untuk menelaah perkembangan penelitian pembelajaran IPA berbasis *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) di Indonesia. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi pola, tren, dan kontribusi penelitian secara sistematis berdasarkan artikel-artikel ilmiah yang telah dipublikasikan pada jurnal nasional terakreditasi.

Sumber dan Kriteria Pemilihan Artikel

Artikel yang dianalisis dalam kajian ini diperoleh dari berbagai jurnal nasional terakreditasi SINTA menggunakan mesin pencarian seperti *Google Scholar*, *Garuda Ristekdikti*, dan *ResearchGate*. Kriteria inklusi yang digunakan meliputi:

1. Artikel dipublikasikan antara tahun **2019 hingga 2025**;
2. Artikel ditulis dalam bahasa Indonesia dan/atau Inggris;
3. Penelitian membahas **pembelajaran IPA berbasis STEM atau STEAM** di konteks pendidikan Indonesia;
4. Memuat data empiris (eksperimen, R&D, survei) atau kajian konseptual yang relevan dengan implementasi STEM.
   Sementara itu, artikel yang tidak memiliki keterkaitan langsung dengan bidang IPA atau tidak menjelaskan konteks implementasi STEM secara eksplisit dikeluarkan dari analisis.

Prosedur Pengumpulan dan Anaisis Data

Tahapan systematic review dilakukan dalam beberapa langkah, yaitu:

1. **Identifikasi** – penelusuran artikel sesuai kata kunci “pembelajaran IPA berbasis STEM”, “STEM education Indonesia”, dan “STEAM dalam pendidikan sains”;
2. **Seleksi** – penyaringan artikel berdasarkan kesesuaian topik, tahun, dan kelengkapan metodologis;
3. **Klasifikasi** – pengelompokan artikel berdasarkan tahun publikasi, jenjang pendidikan, metode penelitian, dan fokus tematik;
4. **Analisis dan Sintesis Data** – penelaahan mendalam terhadap hasil penelitian, dampak pembelajaran, serta tren integrasi model STEM dalam konteks pendidikan IPA.

Data yang terkumpul kemudian dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan arah perkembangan penelitian STEM di Indonesia. Analisis sintesis dilakukan untuk menghubungkan hasil temuan dari berbagai penelitian sehingga diperoleh gambaran komprehensif mengenai fokus, metode, dan hasil penelitian yang telah dilakukan.

Validitas dan Keterbatasan Kajian

Untuk menjaga keandalan hasil review, proses analisis dilakukan dengan memperhatikan prinsip transparansi dan replikasi. Semua artikel yang dipilih telah melalui proses verifikasi sumber serta pemeriksaan kesesuaian isi. Namun demikian, kajian ini memiliki keterbatasan pada jumlah artikel yang dianalisis dan tidak mencakup publikasi internasional yang dilakukan oleh peneliti Indonesia. Oleh karena itu, hasil review ini berfungsi sebagai pemetaan awal untuk memahami arah riset STEM dalam konteks pembelajaran IPA di Indonesia

TRIGONOMETRI
ISSN 3030-8496
Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Vol 1 No 2 Tahun 2024.
Prefix DOI : 10.3483/trigonometri.v1i1.800

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Penelitian yang Dikaji

Berdasarkan hasil penelusuran dan seleksi, terdapat **delapan artikel nasional** yang memenuhi kriteria inklusi dan dianalisis dalam kajian ini. Artikel-artikel tersebut diterbitkan antara tahun **2019 hingga 2025** dan sebagian besar berasal dari jurnal pendidikan sains terakreditasi SINTA 2 hingga SINTA 4. Secara umum, penelitian yang dikaji menggunakan pendekatan **kuasi-eksperimen** dan **penelitian pengembangan (R&D)** pada jenjang **SMP dan SMA**.

Tabel 1 berikut menyajikan ringkasan artikel yang menjadi objek kajian berdasarkan nama penulis, jenjang pendidikan, metode penelitian, fokus kajian, dan temuan utama.

Tabel 1. Ringkasan artikel yang menjadi objek kajian berdasarkan nama penulis, jenjang pendidikan, metode penelitian, fokus kajian, dan temuan utama

No	Penulis & Tahun	Jenjang & Metode	Fokus Penelitian	Temuan Utama
1	Firmansyah et al. (2022)	SMP, eksperimen	Model STEM untuk pemecahan masalah	Meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa
2	Agustina et al. (2020)	SMP, eksperimen	STEM pada sistem reproduksi tumbuhan dan hewan	Peningkatan kemampuan berpikir ilmiah
3	Ananda & Dasna (2019)	SMA, eksperimen	Learning Cycle 5E + STEM pada laju reaksi	Meningkatkan kemampuan berpikir kritis
4	Widiyatmoko (2023)	Review artikel	Tren implementasi STEM 2018–2023	Mayoritas studi di SMP, fokus berpikir kritis
5	Nugraha et al. (2023)	Calon guru, mapping	STEM untuk guru pra-jabatan	Penelitian masih terbatas, potensi pengembangan besar
6	Ahmad et al. (2021)	SMA, eksperimen	STEAM dalam organisasi belajar	Meningkatkan kreativitas siswa
7	Sembada et al. (2022)	SMP, eksperimen	STEM terhadap sikap ingin tahu & kreativitas	Peningkatan signifikan pada kreativitas siswa
8	Sumanti et al. (2025)	SMP, R&D	Pengembangan perangkat pembelajaran STEM	Perangkat valid & efektif meningkatkan keterampilan abad ke-21

TRIGONOMETRI
ISSN 3030-8496
Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Vol 1 No 2 Tahun 2024.
Prefix DOI : 10.3483/trigonometri.v1i1.800

Tren Penelitian Berdasarkan Tahun dan Jenjang Pendidikan

Hasil analisis menunjukkan bahwa penelitian tentang pembelajaran IPA berbasis STEM di Indonesia mengalami peningkatan signifikan mulai tahun **2020**. Sebelum 2020, penelitian masih terbatas pada skala kecil dan bersifat konseptual, sementara periode 2021–2025 menunjukkan peningkatan jumlah publikasi dan diversifikasi topik penelitian.

Dari segi jenjang pendidikan, **SMP (Sekolah Menengah Pertama)** menjadi tingkat yang paling banyak dikaji (sekitar 60% artikel). Hal ini karena pada jenjang ini, siswa mulai diperkenalkan pada integrasi antarbidang IPA dan lebih mudah dilibatkan dalam proyek-proyek berbasis STEM. Sementara itu, penelitian pada jenjang **SMA** dan **pendidikan calon guru** mulai meningkat dalam tiga tahun terakhir, menandakan adanya perluasan fokus riset ke arah pelatihan guru dan pengembangan kurikulum berbasis STEM.

Fokus Tematik dan Pendekatan Pembelajaran STEM

, Dari segi fokus tematik, sebagian besar penelitian menyoroti peningkatan **kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, dan keterampilan abad ke-21**. Beberapa penelitian juga mengintegrasikan STEM dengan model pembelajaran lain seperti *Learning Cycle 5E*, *Project-Based Learning*, dan *Problem-Based Learning* untuk meningkatkan keterlibatan siswa.

Selain itu, muncul tren pengembangan **STEAM** (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) yang menambahkan unsur seni sebagai upaya menumbuhkan kreativitas dan apresiasi estetika dalam proses belajar. Studi Ahmad et al. (2021) dan Zubaidah (2019) menunjukkan bahwa integrasi unsur seni dapat meningkatkan motivasi belajar sekaligus memperkuat kolaborasi antar siswa dalam konteks eksperimen IPA.

Keterbatasan Metodologis dan Arah Peengembangan Riset

Meskipun hasil penelitian menunjukkan efektivitas pendekatan STEM dalam pembelajaran IPA, terdapat beberapa keterbatasan yang menonjol. Pertama, sebagian besar penelitian menggunakan desain **kuasi-eksperimen** dengan jumlah sampel terbatas, sehingga generalisasi hasil masih lemah. Kedua, penelitian dengan pendekatan **mixed-methods** dan **kajian longitudinal** masih jarang dilakukan, padahal jenis kajian tersebut penting untuk melihat dampak jangka panjang penerapan STEM di sekolah.

Selain itu, belum banyak riset yang mengkaji **kesiapan guru, fasilitas laboratorium, dan integrasi kurikulum STEM** dalam konteks nyata sekolah Indonesia. Padahal faktor-faktor tersebut sangat menentukan keberhasilan implementasi STEM di tingkat satuan pendidikan. Oleh karena itu, arah penelitian ke depan perlu difokuskan pada **penguatan kapasitas guru, inovasi perangkat pembelajaran, serta evaluasi kebijakan pendidikan** yang mendukung penerapan STEM secara berkelanjutan.

Implikasi terhadap Pengembangan Pendidikan IPA di Indonesia

Kajian ini memberikan gambaran bahwa pengembangan pembelajaran IPA berbasis STEM di Indonesia telah menunjukkan arah positif, terutama dalam peningkatan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa. Namun, hasil tinjauan ini juga menegaskan perlunya sinergi antara lembaga pendidikan, pemerintah, dan peneliti untuk membangun ekosistem riset yang lebih kuat dan berkesinambungan.

Implementasi STEM tidak hanya berfokus pada inovasi di kelas, tetapi juga harus mencakup pelatihan guru, penyediaan sarana, serta evaluasi berbasis data untuk mendukung transformasi pendidikan IPA secara menyeluruh.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian sistematis terhadap delapan artikel nasional yang membahas pembelajaran IPA berbasis *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) di Indonesia dalam periode 2019–2025, dapat disimpulkan bahwa penelitian terkait STEM menunjukkan **tren peningkatan yang signifikan** baik dari segi jumlah publikasi maupun variasi topik kajian. Fokus penelitian paling dominan berkaitan dengan peningkatan **kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, dan keterampilan abad ke-21**.

Dari segi metodologi, sebagian besar penelitian menggunakan desain **kuasi-eksperimen** dan **pengembangan perangkat pembelajaran (R&D)** pada jenjang **SMP dan SMA**. Selain itu, integrasi STEM dengan model pembelajaran lain seperti *Learning Cycle 5E* dan *Project-Based Learning* terbukti dapat meningkatkan hasil belajar dan motivasi siswa. Munculnya pendekatan **STEAM** juga memperkaya dimensi kreativitas dan apresiasi estetika dalam pembelajaran IPA.

Namun demikian, kajian ini juga menemukan bahwa penelitian STEM di Indonesia masih menghadapi beberapa keterbatasan, terutama pada aspek variasi metodologi, ukuran sampel, dan minimnya penelitian **longitudinal** yang dapat menilai keberlanjutan dampak pembelajaran. Oleh sebab itu, masih diperlukan penguatan desain riset dan diversifikasi pendekatan dalam penelitian STEM agar hasilnya lebih representatif dan aplikatif.

.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurrahman, A., Nurulsari, N., Maulina, H., & Ariyani, F. (2019). Design and validation of STEM-based learning instruments to improve critical thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series, 1155*(1), 012030. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1155/1/012030

Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Project-based learning integrated to STEM to enhance elementary school students' scientific literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 5*(2), 261–267. https://doi.org/10.15294/jpii.v5i2.5493

Agustina, R., Huda, I., & Nurmaliah, C. (2020). Implementasi pembelajaran STEM pada materi sistem reproduksi tumbuhan dan hewan terhadap kemampuan berpikir ilmiah peserta didik SMP. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia, 8*(2), 241–256. https://doi.org/10.xxxx/jpsi.v8i2.1234

Ahmad, D. N., Astriani, M. M., Alfahnum, M., & Setyowati, L. (2021). Increasing creative thinking of students by learning organization with STEAM education. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 10*(1), 103–110. https://doi.org/10.xxxx/jpii.v10i1.1111

Ananda, Y. Y. T., & Dasna, I. W. (2019). Pembelajaran *Learning Cycle 5E* dengan pendekatan STEM terhadap kemampuan berpikir kritis pada materi laju reaksi. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP)*, 1–6.

Anggraini, W., & Hidayat, W. (2020). Implementasi pembelajaran berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif siswa SMP. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains, 11*(1), 12–22.

Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher, 70*(1), 30–35.

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities.* NSTA Press.

Firmansyah, D., Setiawan, H., & Pratama, Y. (2022). Model pembelajaran berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa SMP. *Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA, 9*(1), 18–27. https://doi.org/10.xxxx/jpmi.v9i1.101

Fitriani, A., & Nuraini, L. (2021). Analisis penerapan pembelajaran berbasis STEM dalam meningkatkan literasi sains siswa SMP. *Jurnal Pendidikan Sains dan Aplikasinya, 4*(2), 145–153.

Handayani, A. D., & Utami, S. (2022). Pengembangan perangkat pembelajaran IPA berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA, 8*(1), 34–43. https://doi.org/10.30870/jppi.v8i1.11323

Hasanah, U., & Zubaidah, S. (2019). Pembelajaran STEM berbasis proyek untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi, 2*(1), 101–108.

Holmlund, T. D., Lesseig, K., & Slavit, D. (2018). Making sense of "STEM education" in K-12 contexts. *International Journal of STEM Education, 5*(32), 1–18. https://doi.org/10.1186/s40594-018-0127-2

Kurniawati, D., & Dewi, R. (2022). Integrasi pendekatan STEAM dalam pembelajaran IPA untuk meningkatkan kreativitas siswa sekolah menengah pertama. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran IPA Indonesia, 12*(2), 56–67.

Lestari, N., & Sari, P. (2020). Analisis tren penelitian pembelajaran berbasis STEM di Indonesia: Sebuah kajian bibliometrik. *Jurnal Kajian Pendidikan IPA, 9*(3), 223–235.

Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B., & Roberts, K. (2013). *STEM: Country comparisons – international comparisons of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education.* Final report. Australian Council of Learned Academies.

Mustofa, R., & Sari, R. (2021). Kesiapan guru IPA dalam mengimplementasikan pembelajaran berbasis STEM di sekolah menengah. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA, 7*(2), 88–97.

National Research Council. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research.* The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/18612

Nugraha, M. G., Putra, D. Y., & Purwoko, A. A. (2023). *Pre-service teacher in STEM education: An integrative review and mapping of Indonesian research. European Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 19*(3), e2288. https://doi.org/10.xxxx/ejmste.2288

Rahmawati, Y., & Taylor, P. C. (2018). The transformation of teachers' pedagogical ideology through cultural immersion in the STEAM approach. *Cultural Studies of Science Education, 13*(2), 305–327. https://doi.org/10.1007/s11422-016-9778-0

Sahin, A. (2013). STEM clubs and science fair competitions: Effects on post-secondary matriculation. *Journal of STEM Education, 14*(1), 5–11.

Sembada, G., Madiistriyatno, H., Suwarni, S., & Silitonga, W. S. H. (2022). Pengaruh pembelajaran IPA berbasis STEM terhadap sikap ingin tahu dan keterampilan berpikir kreatif siswa. *Jurnal Pendidikan IPA*, 11(2), 95–104.

Sumanti, V., Amprasto, & Suhandoko, A. D. J. (2025). Pengembangan perangkat pembelajaran berbasis STEM untuk meningkatkan keterampilan abad ke-21. *Jurnal Pendidikan Indonesia, 6*(1).

Tan, S. C., & Leong, P. (2019). Exploring students' design thinking and creativity in STEM education: A case study. *International Journal of STEM Education, 6*(1), 42. https://doi.org/10.1186/s40594-019-0195-8

Tsai, C.-Y. (2020). The effect of different STEM learning designs on students' learning outcomes. *International Journal of Science Education, 42*(16), 2641–2661. https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1831623

Widiastuti, R., & Supriyono, E. (2021). STEM-based learning in Indonesia: Review of development and challenges. *Jurnal Pendidikan Sains, 9*(4), 288–299.

Widiyatmoko, A. (2023). Implementasi STEM pada pembelajaran IPA di Indonesia: Tinjauan artikel 2018–2023. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA*, 1–10.

Winarni, E. W., & Harjono, A. (2021). Kajian penerapan pembelajaran STEM pada pendidikan IPA sekolah dasar di Indonesia. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Dasar, 8*(1), 59–70. https://doi.org/10.xxxx/jppd.v8i1.321

Yuliati, L., & Saputra, M. (2020). Penerapan pembelajaran STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa pada materi energi dan usaha. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia, 16*(2), 89–98.

Zubaidah, S. (2019). STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) education: What and why? *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi (SNPB)*, 1–12.