



Analisis Komparatif Implementasi Pendidikan STEM di Berbagai Negara di Asia Tenggara: Pendekatan Pedagogis, Temuan Utama, dan Tantangan

¹Husnaini Bahri 1*, ²Muhammad Syahrul 2,

^{1,2} Universitas Pattimura, Jln. Ir. M. Putuhena, Ambon

Email: husnaini.bahri@lecturer.unpatti.ac.id¹, syahroel.poenya@gmail.com²

*Corresponding author: husnaini.bahri@lecturer.unpatti.ac.id

ABSTRAK

Pendidikan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) menjadi pendekatan strategis dalam mengembangkan keterampilan abad ke 21 dan meningkatkan daya saing global. Implementasi STEM di kawasan Asia Tenggara menunjukkan variasi yang cukup signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara komparatif pendekatan pedagogis, temuan utama, serta tantangan implementasi pendidikan STEM di delapan negara ASEAN melalui pendekatan *systematic literature review*. Data dikumpulkan dari berbagai publikasi ilmiah yang relevan menggunakan mesin pencari *Google Scholar* dan dianalisis berdasarkan tiga kategori: pendekatan pedagogis, hasil implementasi, dan tantangan. Hasil kajian menunjukkan bahwa negara-negara seperti Singapura dan Vietnam telah berhasil membangun ekosistem pendidikan STEM yang progresif melalui dukungan kebijakan, pelatihan guru, dan penyediaan infrastruktur. Sementara itu, negara berkembang seperti Indonesia, Malaysia, Thailand, dan Filipina menghadapi tantangan berupa kurikulum yang belum terintegrasi, keterbatasan sumber daya, serta rendahnya kesiapan guru. Kajian ini menyimpulkan bahwa keberhasilan pendidikan STEM sangat bergantung pada sinergi antara kebijakan nasional, kesiapan pendidik, dan fasilitas penunjang. Temuan ini diharapkan dapat menjadi landasan dalam merancang strategi implementasi STEM yang adaptif dan kontekstual di kawasan Asia Tenggara.

Kata Kunci: Pendidikan STEM, Pendekatan STEM, STEM di Asia Tenggara, Implementasi STEM

ABSTRACT

Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) education has become a strategic approach to developing 21st-century skills and enhancing global competitiveness. The implementation of STEM across Southeast Asia shows significant variation. This study aims to comparatively analyze the pedagogical approaches, key findings, and implementation challenges of STEM education in eight ASEAN countries using a systematic literature review approach. Data were collected from relevant scholarly publications using the Google Scholar search engine and analyzed based on three categories: pedagogical approach, implementation outcomes, and challenges. The findings reveal that countries such as Singapore and Vietnam have successfully built progressive STEM education ecosystems through policy support, continuous teacher training, and adequate infrastructure. Meanwhile, developing countries such as Indonesia, Malaysia, Thailand, and the Philippines face challenges such as unintegrated curricula, limited resources, and low teacher readiness. This study concludes that the success of STEM education heavily depends on the synergy between national policies, teacher preparedness, and supporting facilities. The results are expected to serve as a foundation for designing adaptive and contextual STEM implementation strategies across Southeast Asia.

Keywords: STEM Education, STEM Approach, STEM in Southeast Asia, STEM Implementation

1. PENDAHULUAN

Pendidikan abad ke-21 menuntut adanya transformasi dalam kurikulum dan strategi pembelajaran agar dapat menghasilkan sumber daya manusia yang adaptif terhadap perkembangan global. Salah satu pendekatan yang menonjol adalah *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) yang menekankan integrasi lintas disiplin dalam pemecahan masalah kontekstual. Dengan

karakteristiknya yang interdisipliner, STEM diyakini mampu menumbuhkan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi yang sangat dibutuhkan di era Revolusi Industri 4.0.

Implementasi STEM telah banyak diadopsi secara global, terutama di negara-negara maju yang menjadikan pendidikan STEM sebagai bagian dari strategi pembangunan nasional. STEM tidak hanya dipandang sebagai model pembelajaran, tetapi juga sebagai instrumen untuk meningkatkan produktivitas ekonomi, mendorong inovasi, dan memperkuat daya saing bangsa. Oleh karena itu, penerapan STEM semakin diprioritaskan dalam agenda pendidikan internasional maupun regional, termasuk di kawasan Asia Tenggara.

Meskipun demikian, penerapan STEM di Asia Tenggara masih menunjukkan variasi yang mencolok. Misalnya di Singapura dan Vietnam yang telah berhasil mengintegrasikan STEM melalui kebijakan nasional, pelatihan guru berkelanjutan, serta penyediaan infrastruktur pendidikan yang memadai. Di sisi lain, negara berkembang seperti Indonesia, Malaysia, Thailand, dan Filipina masih menghadapi hambatan berupa keterbatasan sumber daya, rendahnya kesiapan guru, dan kurikulum yang belum sepenuhnya mendukung pembelajaran STEM. Perbedaan kondisi ini mencerminkan adanya kesenjangan implementasi STEM antarnegara di kawasan.

Berbagai studi tentang STEM di Asia Tenggara sebagian besar masih bersifat deskriptif dan berfokus pada satu negara, sehingga belum memberikan gambaran menyeluruh tentang perbandingan lintas negara. Selain itu, penelitian yang ada sering kali hanya menyoroti strategi pembelajaran atau tantangan tertentu tanpa mengaitkan temuan antarnegara. Hal ini menunjukkan adanya *research gap*, yaitu kurangnya telaah sistematis yang menganalisis secara komparatif pendekatan pedagogis, capaian utama, serta tantangan implementasi STEM di tingkat regional.

Untuk mengisi kesenjangan tersebut, artikel ini melakukan *systematic literature review* (SLR) terhadap publikasi ilmiah terkini mengenai pendidikan STEM di Asia Tenggara. Melalui analisis komparatif, kajian ini bertujuan memetakan pola persamaan dan perbedaan antarnegara dalam penerapan STEM, serta mengidentifikasi faktor-faktor kunci yang mendukung maupun menghambat keberhasilannya. Hasil kajian diharapkan dapat memberikan kontribusi teoretis bagi pengembangan literatur STEM, sekaligus menawarkan implikasi praktis bagi pembuat kebijakan dan praktisi pendidikan di kawasan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) untuk menganalisis implementasi pendidikan STEM di Asia Tenggara. SLR dipilih karena dapat mengidentifikasi pola, kesenjangan, dan praktik terbaik lintas negara secara komparatif. Proses pencarian literatur dilakukan melalui Google Scholar dengan menggunakan kombinasi kata kunci, yaitu "*STEM education in Southeast Asia*", "*STEM implementation in Indonesia*", "*STEM implementation in Singapore*", "*STEM implementation in Malaysia*", "*STEM implementation in Cambodia*", "*STEM implementation in Philippines*", "*STEM implementation in Thailand*", "*STEM implementation in Myanmar*", "*STEM implementation in Vietnam*", "*STEM implementation in Laos*" dan "*STEM implementation in Brunei Darussalam*" nama masing-masing negara dikombinasikan untuk menjangkau artikel yang relevan.

Artikel yang terpilih kemudian diseleksi berdasarkan beberapa kriteria. Artikel dimasukkan apabila membahas pendidikan STEM secara eksplisit, berfokus pada konteks negara ASEAN, dipublikasikan dalam bentuk artikel jurnal bereputasi, prosiding konferensi, atau laporan resmi lembaga internasional, serta tersedia dalam teks penuh. Sebaliknya, artikel yang berupa opini non-empiris, dilakukan di luar kawasan ASEAN, atau tidak memberikan detail metodologis yang memadai dieliminasi. Proses seleksi dilakukan secara bertahap, dimulai dari identifikasi awal sekitar 58. Setelah tahap penyaringan akhirnya terdapat 16 artikel yang digunakan sebagai sumber utama sesuai fokus kajian pada artikel ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dirangkum setelah dilakukan penyaringan berdasarkan karakteristik studi. Hanya 8 dari 10 negara yang melakukan studi terkait dengan Pendidikan STEM ini, antara lain Indonesia, Malaysia, Myanmar, Filipina, Singapura, Thailand, Vietnam dan Kamboja. Data disajikan dalam table berikut ini:

Tabel 1. *Display Data*

Negara	Ragam Pendekatan STEM	Temuan Utama dan Tantangan	Sumber
Indonesia	PjBL, variasi guru mandiri	STEM belum terintegrasi kurikulum; kesiapan guru rendah; keterbatasan pedoman; tantangan di wilayah 3T.	1. (Arlinwibowo dkk., 2020) 2. (Arlinwibowo dkk., 2021) 3. (Suwarma & Kumano, 2019) 4. (Winangun & Kurniawan, 2019) 5. (Sujarwanto dkk., 2021)
Malaysia	Inkuiri, PBL, kontekstual, kolaboratif	Minat siswa rendah; kurikulum kurang relevan; kekurangan guru terlatih; keterbatasan fasilitas; penilaian berfokus hafalan	1. (Bahrum dkk., 2017) 2. (Ramli & Talib, 2017) 3. (Idris dkk., 2023)30/09/2025 22:12:00
Myanmar	Kurikulum berbasis kompetensi; <i>learner centered</i>	Reformasi kurikulum & Kerja Kompetensi Guru Nasional (NTCF); peningkatan kapasitas guru; tantangan sumber daya & pelatihan berkelanjutan	(UNESCO Myanmar, 2020)
Filipina	K-12 dengan STEM bertahap	Krisis guru kompeten; kurang integrasi lintas disiplin; minat mahasiswa rendah; jumlah peneliti R&D minim.	1. (Tupas & Matsuura, 2019) 2. (Alvarez, 2024)30/09/2025 22:12:00
Singapura	<i>Student centered</i> , berbasis TIK & dunia nyata	Siswa unggul di PISA/TIMSS; dukungan kebijakan kuat; tantangan: definisi STEM belum jelas, kolaborasi guru & tujuan belajar integratif	1. (<i>STEM Education in Singapore</i> , 2021) 2. (Tawbush dkk., 2020)
Thailand	Project-Based Learning	Kurikulum terfragmentasi; penilaian tradisional; pemahaman guru rendah; beban kerja tinggi; perlu pelatihan intensif	(Suriyabutr & Williams, 2021)
Vietnam	Inkuiri, integrasi kontekstual	Komitmen kebijakan kuat; keterlibatan siswa & masyarakat tinggi; tantangan: keterbatasan infrastruktur & kesiapan guru tidak merata.	(Oliveira dkk., 2025a)
Kamboja	Model New Generation School (NGS), PBL	Peningkatan fasilitas & partisipasi siswa; kesetaraan gender; tantangan: akses terbatas, guru kurang terlatih, kendala finansial	1. (Kao & Shimizu, 2020) 2. (Chanphalla, 2020)

Analisis Deskriptif: Pencapaian dan Progres Implementasi STEM di Asia Tenggara

Singapura merupakan salah satu negara di Asia Tenggara yang menunjukkan kemajuan paling signifikan dalam implementasi pendidikan STEM. Keberhasilan ini tercermin dari pencapaian siswa Singapura dalam berbagai tes internasional seperti PISA dan TIMSS. Pencapaian ini tidak lepas dari kebijakan pendidikan jangka panjang yang mendukung pembelajaran lintas disiplin, berbasis teknologi, serta berorientasi pada penyelesaian masalah dunia nyata. Integrasi teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam pembelajaran serta penggunaan pendekatan yang berpusat pada siswa menjadi kekuatan utama dalam menciptakan lingkungan pembelajaran STEM yang efektif dan relevan dengan tantangan abad ke-21.

Vietnam juga menempati posisi terdepan dalam penerapan pendidikan STEM di kawasan Asia Tenggara. Pemerintah Vietnam menunjukkan komitmen yang kuat melalui pengembangan kebijakan, kurikulum berbasis inkuiri, serta kolaborasi yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan, termasuk sektor pendidikan, industri, dan lembaga penelitian. Pelatihan guru yang berkesinambungan, penyediaan sumber daya pembelajaran digital, serta penggunaan pendekatan pembelajaran yang menekankan keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, kreativitas, dan kolaborasi telah menciptakan ekosistem pendidikan STEM yang holistik. Vietnam juga aktif memfasilitasi pembelajaran kontekstual yang relevan dengan kehidupan siswa, menjadikannya sebagai salah satu model pendidikan STEM yang progresif.

Di Filipina telah menerapkan kurikulum K-12 yang mencakup integrasi STEM secara bertahap, dengan materi yang berkembang sesuai jenjang pendidikan. Namun, sistem ini masih dihadapkan pada beberapa persoalan, antara lain kurangnya integrasi antar mata pelajaran STEM yang menyebabkan siswa sulit melihat hubungan antar disiplin ilmu. Selain itu, krisis tenaga pendidik yang kompeten di bidang STEM turut memperparah kondisi ini. Meskipun pemerintah telah mencoba mendorong minat terhadap jurusan STEM di perguruan tinggi, jumlah mahasiswa yang memilih jalur ini masih tergolong rendah. Kurangnya peneliti dan tenaga R&D (*Research and Development*) juga mencerminkan perlunya penguatan lebih lanjut dalam pendidikan STEM di Filipina.

Indonesia dan Thailand menunjukkan kemiripan dalam pendekatan awal implementasi pendidikan STEM, yaitu melalui pembelajaran berbasis proyek (*project based learning*). Kedua negara ini telah mengadopsi PjBL sebagai strategi untuk mendorong integrasi ilmu pengetahuan dan keterampilan abad ke-21 dalam proses pembelajaran. Pendekatan ini menunjukkan progres positif, terutama dalam meningkatkan keterlibatan siswa dan memberikan konteks nyata dalam pembelajaran STEM. Namun, capaian ini masih bersifat terbatas dan belum merata secara nasional. Hal ini terjadi karena, baik di Indonesia maupun di Thailand memiliki kesamaan, yaitu belum adanya integrasi STEM secara eksplisit dalam kurikulum nasional. Di Indonesia, meskipun pendekatan pembelajaran berbasis proyek telah mulai digunakan dalam beberapa satuan pendidikan untuk mendukung pembelajaran STEM, pendidikan STEM belum secara resmi tertanam dalam kerangka kurikulum nasional. Tidak ada dokumen kurikulum yang secara khusus menyebutkan atau mengarahkan guru untuk mengimplementasikan pembelajaran berbasis integrasi sains, teknologi, teknik, dan matematika secara holistik. Akibatnya, pelaksanaan STEM di lapangan bergantung pada inisiatif dan pemahaman masing-masing guru dan masih terbatas. Hal serupa juga terjadi di Kurikulum di Thailand masih bersifat terpisah-pisah, di mana mata pelajaran seperti sains, matematika, dan teknologi diajarkan secara individual tanpa adanya panduan kurikuler yang menyatukan mereka dalam pendekatan STEM yang utuh. Ini menyebabkan siswa kesulitan melihat keterkaitan antar disiplin ilmu, dan guru pun cenderung memahami pendidikan STEM hanya sebatas menggabungkan beberapa mata pelajaran dalam satu proyek tanpa integrasi konsep yang mendalam. Ketidakhadiran arahan kurikuler yang eksplisit ini menjadi salah satu penghambat utama dalam mewujudkan pembelajaran STEM yang sistematis, berkelanjutan, dan berkualitas di kedua negara.

Hal serupa terjadi di Malaysia, dimana kurikulum yang digunakan belum sepenuhnya mendukung integrasi STEM secara menyeluruh. Meskipun sudah mencoba berbagai pendekatan seperti PBL dan pembelajaran kontekstual, ketidaksesuaian antara isi kurikulum dan konteks kehidupan siswa membuat pembelajaran STEM tidak terasa relevan. Hal ini bisa jadi sebagai penyebab rendahnya minat siswa terhadap mata pelajaran dan karier di bidang STEM. Selain itu, kekurangan guru STEM yang berkualifikasi, terutama di daerah pedesaan, serta keterbatasan fasilitas laboratorium dan sumber belajar menjadi hambatan signifikan dalam meningkatkan mutu dan daya tarik pendidikan STEM di Malaysia.

Myanmar memfokuskan diri pada pengembangan pendidikan guru melalui restrukturisasi dan perancangan ulang kurikulum di lembaga pendidikan guru (*education colleges/ECs*). Kurikulum baru yang ditekankan bersifat berpusat pada siswa dan berbasis kompetensi, yang juga mencakup berbagai metode pembelajaran inovatif dan reflektif. Myanmar telah mengembangkan Kerangka Kompetensi Guru Nasional (NTCF) dan memberikan pelatihan berbasis praktik yang menjadi fondasi penting bagi reformasi pendidikan STEM di Myanmar. Meski demikian, negara ini masih menghadapi tantangan dalam penerapan kurikulum berbasis kompetensi secara penuh, terutama dalam hal ketersediaan sumber daya dan pelatihan guru yang berkelanjutan.

Terakhir, di Kamboja menunjukkan upaya positif melalui model sekolah *New Generation School* (NGS), yang bertujuan meningkatkan kompetensi STEM siswa melalui penguatan infrastruktur, pendekatan pembelajaran aktif, dan pelibatan siswa dalam proyek berbasis masalah. Pemerintah Kamboja juga telah mendorong perguruan tinggi untuk membuka lebih banyak program STEM. Meski demikian, akses terhadap pendidikan STEM masih terbatas karena jumlah sekolah model NGS yang masih sedikit. Selain itu, kualitas guru masih menjadi perhatian utama, di mana banyak guru belum terlatih secara memadai dan menghadapi kesulitan dalam menerapkan metode pengajaran STEM yang integratif.

Analisis Komparatif: Implementasi STEM di Asia Tenggara Tantangan dan Hambatan Umum

Implementasi pendidikan STEM di kawasan Asia Tenggara menunjukkan dua sisi yang berbeda secara kontras. Beberapa negara telah membangun ekosistem yang relatif matang, sementara sebagian lain masih berada pada tahap transisi. Faktor penentu perbedaan tersebut meliputi konsistensi kebijakan nasional, alokasi anggaran, kapasitas pendidik, dan ketersediaan infrastruktur. Singapura dan Vietnam dapat dikategorikan sebagai negara yang berhasil mengintegrasikan ketiga elemen tersebut secara simultan, sedangkan negara berkembang masih menghadapi kendala struktural yang sistemik.

Dari sisi pedagogi, pendekatan seperti *project based learning* (PjBL) dan inkuiri diadopsi secara luas, namun tingkat integrasinya berbeda antarnegara. Di Singapura dan Vietnam, PjBL dan inkuiri dijalankan dalam kerangka kurikulum yang mendukung lintas disiplin sehingga menghasilkan praktik pembelajaran yang konsisten. Sebaliknya, di negara berkembang di Asia Tenggara pendekatan serupa sering bersifat sporadis dan tergantung inisiatif guru, sehingga dampaknya terhadap capaian belajar menjadi tidak merata. Kompetensi guru merupakan variabel kunci yang menjelaskan variasi kualitas implementasi STEM. Singapura menerapkan program pengembangan profesional berkelanjutan dan sistem mentoring yang tersistem, sementara Vietnam memanfaatkan platform digital untuk memperluas akses pelatihan. Di negara-negara seperti Malaysia, Filipina, dan beberapa wilayah di Indonesia, pelatihan masih bersifat episodik dan kurang terfokus pada *pedagogical content knowledge* (PCK) yang diperlukan untuk pengajaran STEM terintegrasi. Ketersediaan sarana dan prasarana pembelajaran menjadi pembeda penting dalam efektivitas STEM. Singapura mampu menjamin distribusi fasilitas laboratorium dan infrastruktur TIK secara merata, sedangkan negara-negara lain menghadapi kesenjangan akses, terutama di wilayah terdepan, terluar, dan tertinggal (3T). Akibatnya, praktik pedagogis yang menuntut eksperimen dan proyek aplikatif seringkali kurang optimal di sekolah dengan keterbatasan sumber daya.

Sistem kurikulum dan mekanisme penilaian turut memengaruhi praktik pembelajaran STEM. Negara-negara maju cenderung menyelaraskan kurikulum dan penilaian untuk mengukur kompetensi lintas disiplin, sedangkan banyak negara berkembang masih mempertahankan penilaian sumatif berbasis ujian tertulis yang menghambat penerapan pembelajaran berbasis keterampilan. Ketidaksesuaian ini membuat guru enggan mengalokasikan waktu untuk aktivitas terbuka yang tidak secara langsung terukur oleh instrumen penilaian nasional.

Tata kelola kebijakan dan keterlibatan pemangku kepentingan menentukan keberlanjutan inisiatif STEM. Vietnam menunjukkan model kolaborasi yang melibatkan banyak pemangku kepentingan, yaitu kementerian, universitas, dan sektor swasta, sementara Singapura menegakkan rencana strategis nasional dengan dukungan dana dan regulasi yang konsisten. Di banyak negara berkembang, inisiatif STEM cenderung terfragmentasi antara program pilot, donor, dan proyek lokal sehingga sulit mencapai skala nasional yang berkelanjutan.

Dampak terhadap luaran pendidikan dan sistem inovasi nasional berbeda antarnegara. Singapura dan Vietnam menunjukkan perbaikan indikator capaian siswa dan konektivitas antara sekolah dan dunia kerja. Sebaliknya, Filipina dan beberapa negara lain masih menghadapi rendahnya minat mahasiswa pada jalur STEM serta keterbatasan tenaga R&D. Perbedaan ini mencerminkan hubungan langsung antara kualitas pendidikan dasar-menengah berbasis STEM dan kapasitas inovasi jangka panjang sebuah negara.

Isu kesetaraan akses dan inklusivitas menjadi tantangan lintas negara yang memerlukan perhatian khusus. *Model New Generation School* di Kamboja menunjukkan bahwa intervensi terfokus dapat meningkatkan partisipasi dan keseimbangan gender, tetapi replikasi berskala nasional terbentur oleh keterbatasan anggaran. Oleh karena itu, strategi implementasi perlu menyertakan kebijakan alokasi sumber daya yang pro inklusi untuk menjawab ketidaksetaraan antarwilayah dan antarkelompok sosial.

Berdasarkan analisis komparatif, rekomendasi strategis yang muncul antara lain: (1) menyelaraskan kurikulum dan mekanisme penilaian untuk mengakomodasi tujuan pembelajaran lintas disiplin; (2) memprioritaskan pengembangan profesional guru yang menitikberatkan PCK dan pedagogi kolaboratif; (3) menargetkan investasi infrastruktur pada wilayah tertinggal; dan (4) memperkuat kolaborasi regional untuk transfer praktik baik serta penelitian evaluatif jangka panjang. Implementasi rekomendasi tersebut harus disertai indikator monitoring yang jelas agar efektivitas kebijakan dapat diukur dan ditiru kembali sesuai konteks nasional.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Keberhasilan pendidikan STEM di Asia Tenggara ditentukan oleh tiga hal utama, yaitu kebijakan nasional yang jelas, kompetensi guru yang terus ditingkatkan, dan ketersediaan sarana belajar yang mendukung pembelajaran aktif. Pengalaman Singapura dan Vietnam menunjukkan bahwa konsistensi strategi nasional yang terarah mampu menempatkan pendidikan STEM sebagai penggerak utama transformasi Pendidikan. Sebaliknya, negara-negara berkembang masih menghadapi keterbatasan, tetapi dapat mempercepat kemajuan dengan belajar dari praktik terbaik di Kawasan Asia Tenggara ini. Secara praktis, hasil kajian ini menekankan pentingnya dukungan kebijakan jangka panjang, pelatihan guru yang berkelanjutan, dan pemerataan infrastruktur, terutama di daerah tertinggal. Kolaborasi lintas pihak, yaitu pemerintah, sekolah, perguruan tinggi, industri, dan Masyarakat menjadi kunci untuk menciptakan ekosistem STEM yang relevan dengan kebutuhan lokal maupun global. Penelitian selanjutnya perlu menilai secara lebih spesifik efektivitas model pembelajaran STEM di konteks lokal dan mengkaji dampaknya terhadap keterampilan abad ke-21. Kajian lintas negara yang lebih luas juga diperlukan untuk memahami pengaruh faktor sosial, ekonomi, dan budaya dalam keberhasilan implementasi STEM. Dengan cara ini, STEM tidak hanya menjadi wacana, tetapi benar-benar menjadi strategi nyata dalam memajukan pendidikan di Asia Tenggara.

REFERENSI

- Alvarez, J. I. (2024). STEM Strand in The Philippines: An Analysis. *EPRA International Journal of Research and Development (IJRD)*, 9(3), 224–234. <https://doi.org/10.36713/epra2016>
- Arlinwibowo, J., Retnawati, H., & Kartowagiran, B. (2021). How to Integrate STEM Education in The Indonesian Curriculum? A Systematic Review. *Challenges of Science*, 18–25. <https://doi.org/10.31643/2021.03>
- Bahrum, S., Wahid, N., & Ibrahim, N. (2017). Integration of STEM Education in Malaysia and Why to STEAM. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 7(6). <https://doi.org/10.6007/ijarbss/v7-i6/3027>
- Chanphalla, B. (2020). *The Current State of Cambodia's STEM* [Working Paper].
- Kao, S., & Shimizu, K. (2020). *A Review on STEM Enrollment in Higher Education of Cambodia: Current Status, Issues, and Implications of Initiatives*. 26, 123–134.
- Mullis, I. V., Martin, M. O., Foy, P., Kelly, D. L., & Fishbein, B. (2020). *TIMSS 2019 International Results in Mathematics and Science*. Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center. <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/international-results>
- Oliveira, A., Nguyen, C. Y., Lê, H. H., Phạm, H. T. T., & Dang, V. T. (2025). *STEM Education in Vietnam: Examining the Impact of an Internationally Transferred Educational Approach*. Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6345329/v1>
- Ramli, N. F., & Talib, O. (2017). Can Education Institution Implement STEM? From Malaysian Teachers' View. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 7(3).
- Sujarwanto, E., Madlazim, & Sanjaya, I. G. M. (2021). A conceptual framework of STEM education based on the Indonesian Curriculum. *Journal of Physics: Conference Series*, 1760(1), 012022. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1760/1/012022>
- Suriyabutr, A., & Williams, J. (2021). Integrated STEM education in the thai secondary schools: Challenge and addressing of challenges. *Journal of Physics: Conference Series*, 1957(1), 012025. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1957/1/012025>

- Suwarma, I. R., & Kumano, Y. (2019). Implementation of STEM education in Indonesia: Teachers' perception of STEM integration into curriculum. *Journal of Physics: Conference Series*, 1280(5), 052052. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1280/5/052052>
- Tawbush, R. L., Stanley, S. D., Campbell, T. G., & Webb, M. A. (2020). International comparison of K-12 STEM teaching practices. *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, 13(1), 115–128. <https://doi.org/10.1108/jrit-01-2020-0004>
- Teo, T. W., & Choy, B. H. (2021). STEM Education in Singapore. *Springer Singapore*. https://doi.org/10.1007/978-981-16-1357-9_3
- Tupas, F. P., & Matsuura, T. (2019). Moving Forward in STEM Education, Challenges and Innovations in Senior High School in the Philippines: The Case of Northern Iloilo Polytechnic State College. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(3). <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i3.19707>
- UNESCO Myanmar. (2020). *Strengthening pre-service Teacher Education in Myanmar (STEM): Phase II Final Narrative Report*.
- Winangun, M. M., & Kurniawan, D. (2019). *Science Teacher Perceptions after Implementing Science Technology Engineering Mathematics (STEM) Education Integrated in Indonesian Curriculum*.