

Peran Pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematic*) dalam Pembelajaran

The Role of the STEM Approach (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) in Learning

Sherly Laila Barokah¹, Rini Sri Wardani², Aura Rhomatul Umayah³, Muhammad Komarul Huda^{4*}, Ahmad Fakhri Hutauruk⁵

^{1,2,3,4})Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Simalungun, Indonesia

⁵)Program Studi Pendidikan Sejarah, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Simalungun, Indonesia

Disubmit: 05 November 2024; Direview: 05 November 2024; Disetujui: 30 November 2024

*Corresponding Email: mkomarulhuda@gmail.com

Abstrak

Pendekatan STEM merupakan metode pembelajaran afektif yang dapat meningkatkan kualitas pendidikan sains dengan mengintegrasikan berbagai elemen ilmu secara holistik, sehingga dapat meningkatkan keterampilan kognitif, psikomotorik, dan afektif siswa. Kajian ini bertujuan untuk mengkaji peran pendekatan STEM dalam pembelajaran serta dampaknya dalam menumbuhkan minat siswa terhadap sains dan teknologi, sekaligus mempersiapkan mereka menghadapi tantangan dunia kerja dimasa depan. Metode yang digunakan adalah analisis konten dari berbagai literatur terkait implementasi STEM dalam pembelajaran. Hasil kajian menunjukkan bahwa penerapan STEM mampu mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu dan memberikan dampak positif pada keterampilan siswa, sehingga pendekatan ini direkomendasikan untuk diterapkan dalam pembelajaran.

Kata Kunci: STEM; Pembelajaran; Berpikir Kritis; Pemecahan Masalah; Pendidikan Sains

Abstract

The STEM approach is an affective learning method that can improve the quality of science education by integrating various elements of science holistically, so that it can improve students' cognitive, psychomotor and affective skills. This study aims to examine the role of the STEM approach in learning and its impact in growing students' interest in science and technology, as well as preparing them to face the challenges of the world of work in the future. The method used is content analysis from various literature related to the implementation of STEM in learning. The results of the study show that the application of STEM is able to integrate various scientific disciplines and have a positive impact on students' skills, so this approach is recommended to be applied in learning.

Keywords: STEM; Learning; Critical Thinking; Problem Solving; Science Education

How to Cite: Barokah, S.L., Wardani, R.S., Umayah, A.R., Huda, M.K., & Hutauruk, A.F. (2024). Peran Pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematic*) dalam Pembelajaran. *Journal of Natural Sciences*. 5 (3): 213-223

PENDAHULUAN



<https://journal.mahesacenter.org/index.php/jonas>



mahesainstitut@gmail.com

213



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0

Menurut Permatasari dalam (Putri *et al.*, 2023) Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) dalam pendidikan memiliki fungsi dan peranan penting untuk menyiapkan siswa agar memiliki pengetahuan, kreativitas, berpikir secara fakta dan opini, logika dan memiliki rasa ingin yang tinggi untuk memecahkan masalah yang sedang berlangsung. Media perkembangan ilmu pengetahuan serta teknologi dijadikan sebagai harapan agar siswa bisa memahami dan menganalisis diri sendiri, lingkungan sosial dan sebagai peluang perkembangan diri dalam kehidupan sehari-hari.

Permasalahan yang sering dialami oleh siswa dalam menerima pembelajaran yaitu terdapat pada perbedaan antara satu individu dengan individu lainnya, setiap siswa memiliki kemampuan menerima pembelajaran yang berbeda-beda (Syahada *et al.*, 2022), bisa jadi karena faktor-faktor internal maupun eksternal. Permasalahan seperti itulah yang membuat siswa menjadi sulit menerima pembelajaran, sulit menerima motivasi, bahkan bisa jadi permasalahan tersebut dapat merusak psikologis dan sosial siswa. Problematika siswa dalam pembelajaran banyak ditemukan diberbagai sekolah saat ini. Siswa yang memiliki permasalahan dalam proses pembelajaran seperti inilah yang harus mendapatkan perhatian lebih, dan kita harus memahami macam-macam masalah dan kesulitan apa yang dialami olehnya. Sehingga kelak para pendidik dapat mencari solusi yang lebih tepat untuk memecahkan masalah proses pembelajaran pada siswa.

Dalam proses pembelajaran, seharusnya kita sebagai seorang pendidik dapat memanfaatkan lingkungan yang dapat menyatukan siswa dengan model pembelajaran, agar dapat tercapai suatu proses pembelajaran dan memperkenalkan dunia nyata sehingga siswa lebih termotivasi dan bersemangat dalam mengikuti pembelajaran. Meningkatkan hasil belajar adalah tujuan dari upaya yang diterapkan dengan berbagai jenis model pembelajaran dari tahun ketahun. Salah satu model pembelajaran yang bisa menumbuhkan minat belajar siswa sehingga dapat meningkatkan hasil belajar adalah model pembelajaran STEM. Proses yang mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika menjadi satu pengalaman belajar merupakan pengertian dari pembelajaran dengan pendekatan STEM. Pendekatan ini merupakan pendekatan yang memanfaatkan teknologi, merancang percobaan secara sistematis dan mendukung konsep sains melalui data yang dikelola sehingga bisa membantu siswa (Lestari & Rahmawati, 2020). Berdasarkan hasil penelitian (Zainurrisalah *et al.*, 2018) tingkat literasi teknologi dan rekayasa (*engineering*) tergolong rendah, namun saat pembelajaran menerapkan STEM



kemampuan literasi teknologi dan rekayasa (*engineering*) siswa di Indonesia dalam mata pelajaran fisika meningkat.

Negara maju seperti Amerika Serikat menerapkan pembelajaran STEM dan sangat populer. Di Indonesia pembelajaran STEM mulai diamati pemerintah untuk digunakan dalam proses belajar mengajar dan mulai dikaitkan kedalam kurikulum sekolah (Republika, 2015). Mengingat tantangan abad 21 yang mengharuskan siswa mampu berfikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif, sehingga diperlukan pendekatan STEM dalam pembelajaran karena pembelajaran berbasis STEM memfasilitasi siswa untuk menggunakan multidisiplin ilmu dalam problem Solving, mengenalkan proses *engineering* dan teknologi dan melatih ketrampilan abad 21 (Mulyani, 2019). Menurut Septiani dalam (Putri *et al.*, 2023) pendekatan STEM memiliki peranan yang dapat digunakan untuk mengatasi kualitas belajar yang buruk. Siswa aktif untuk memecahkan masalah melalui pendekatan STEM. Bahwa pendekatan STEM memberikan pengaruh positif dalam pembelajaran yang sudah dibuktikan dari penelitian Becker & Park (2011). Penelitian tersebut menyatakan bahwa pendekatan STEM terbukti dapat melatih siswa dalam aspek kognitif, afektif, dan psikomotor. Sementara (Saehena. 2021) menyatakan pencapaian di Pendidikan bisa dilihat dari aspek dalam penguasaan materi serta keterampilan.

METODE PENELITIAN

Artikel ini di review dengan menggunakan metode *content analysis* (menganalisis isi teks). Pencarian artikel ini dilakukan dengan menggunakan *seacrh engine Google (Google Scholar)* dengan kata kunci STEM. Kemudian sumber atau referensi yang diperoleh ditetapkan dengan kriteria eksklusi dan inklusi.

Penetapan kriteria inklusi yaitu berupa jurnal nasional, artikel yang sesuai dengan topik untuk jurnal yang di publikasikan sejak tahun 2019 sampai 2024. Sedangkan untuk kriteria eksklusinya yaitu diperoleh dari data yang tidak valid misalnya dari website tanpa penulis atau skripsi, jurnal nasional yang diterbitkan sebelum tahun 2019 sumber yang digunakan berupa inklusi yang berasal dari 24 referensi, terdiri dari 14 jurnal nasional dan 10 jurnal internasional.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Pendekatan STEM yang dikembangkan di Amerika Serikat merupakan integrasi dari empat disiplin ilmu-sains, teknologi, rekayasa, dan matematika—dalam pembelajaran berbasis masalah (Mulyani, 2019). Konsep ini pertama kali diperkenalkan oleh National Science Foundation (NSF) pada tahun 1990 sebagai akronim *science, technology, engineering, dan mathematics*. Setiap komponen STEM memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Sains: Cabang ilmu yang mempelajari fenomena alam dan hukum yang mengatur alam semesta.
2. Teknologi: Studi tentang inovasi, modifikasi, dan penerapan alat serta sistem untuk memenuhi kebutuhan manusia dan meningkatkan kesejahteraan.
3. Rekayasa: Proses identifikasi masalah, perancangan, pengembangan, dan penerapan solusi berbasis ilmu pengetahuan dan matematika untuk mendukung kehidupan manusia.
4. Matematika: Ilmu yang melatih kemampuan berpikir logis dan kritis untuk memecahkan masalah secara sistematis (Mulyani, 2019).

Menurut Torlakson (2014), *science* memberikan pemahaman tentang hukum alam, *technology* memfasilitasi desain dan penggunaan alat, *engineering* mengajarkan desain dan pengoperasian prosedur untuk menyelesaikan masalah, sedangkan *math* melatih kemampuan berpikir logis dan analitis. Ketika keempat aspek ini digabungkan, pendekatan STEM memungkinkan siswa menyelesaikan masalah secara holistik, memberikan kontribusi besar pada proses pembelajaran yang lebih bermakna.

Martín-Páez *et al.*, (2019) menambahkan bahwa pendekatan STEM sering dipandang sebagai integrasi keempat disiplin ilmu, namun penggunaannya dalam satu disiplin ilmu saja juga dapat diterima tergantung pada konteks pembelajaran. Terlepas dari variasi pendapat, pendekatan STEM bertujuan untuk mendorong siswa memahami, mengidentifikasi, dan menyelesaikan masalah nyata melalui penerapan teori dan praktik lintas disiplin (Bybee, 2013). Bybee juga menekankan pentingnya hubungan antara guru dan siswa dalam pembelajaran STEM, serta penggunaan teknologi dan strategi laboratorium yang efektif.

Ejiwale (2013) menyatakan bahwa tujuan utama pendekatan STEM adalah mempersiapkan siswa untuk menerapkan ilmu yang mereka pelajari di sekolah atau



laboratorium ke dunia kerja. Hal ini diperkuat melalui kolaborasi antara institusi pendidikan dan profesional, seperti program magang atau mentoring. Menurut Asghar *et al.*, (2012), pendekatan STEM mendorong inovasi yang berkelanjutan melalui kolaborasi dan pengalaman belajar yang relevan.

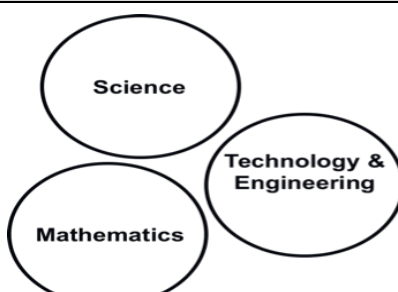
Melalui pendekatan STEM, siswa mendapatkan pengalaman pembelajaran yang lebih maju, membangun keterampilan kolaboratif, dan mempersiapkan diri untuk menghadapi tantangan masa depan secara lebih efektif.

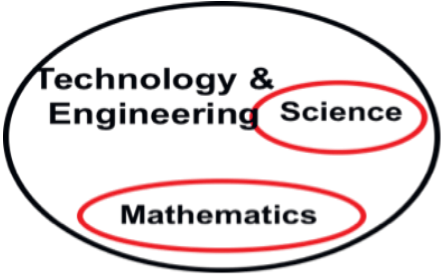
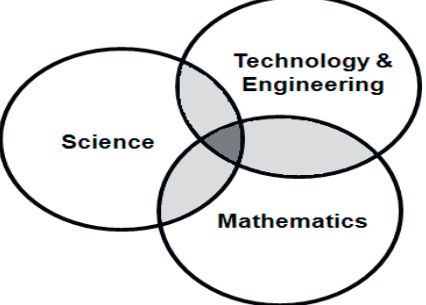
Penerapan Pendekatan STEM

Roberts & Cantu (2012) merekomendasikan penerapan program pendidikan berbasis STEM dalam kegiatan belajar mengajar melalui tiga pendekatan utama, yaitu pendekatan silo, pendekatan tertanam, dan pendekatan terpadu. Ketiga pendekatan ini berfokus pada integrasi elemen *science*, *technology*, *engineering*, dan *mathematics* dalam proses pembelajaran.

Pendekatan STEM memberikan kemudahan bagi guru dan siswa untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih terstruktur dan interaktif di dalam kelas. Untuk memberikan pemahaman yang lebih jelas, penulis menyajikan tabel rinci mengenai prinsip dari masing-masing pendekatan berikut ini.

Tabel 1. Macam-Macam Penerapan Pada Pendekatan STEM (Roberts & Cantu, 2012)

Macam	Ketentuan	Karakteristik	Gambar Pendekatan Pada STEM Education
(Silo Approach) Pendekatan Silo	Perolehan pengetahuan/pemahaman yang mendalam	Karakteristik pendekatan ini biasanya diarahkan langsung oleh gurunya, siswa hanya fokus mendengarkan penjelasan guru karena pendekatan ini hanya berfokus pada materi dan masing-masing unsur ilmunya diajarkan secara terpisah	

Pendekatan Tertanam (<i>Embedded Approach</i>)	Teknik pemecahan masalah dan penekanan pembelajaran pada konteks dunia nyata	Evaluasi/Penilaian hanya dirancang untuk materi utama. Salah satu materi lebih diutamakan, namun menghubungkan materi utama dengan materi lainnya.	
Pendekatan Terpadu (<i>Integrated Approach</i>)	Memandang usur ilmu untuk meningkatkan minat pada bidang STEM sebagai salah satu kesatuan pada STEM	Mengkaitkan macam-macam materi pada unsur STEM serta melihatnya sebagai satu subjek. Hal ini melibatkan minimal dua unsur ilmu atau bisa lebih.	

Pembelajaran lintas unsur ilmu dapat menggunakan model pembelajaran berbasis proyek (PJBL) yang telah sering digunakan dalam pembelajaran di sekolah (Falloon *et al.*, 2020). Siswa dilatih untuk dapat memecahkan permasalahan secara independen dibantu dengan melibatkan kemampuan berpikir melalui karakteristik pada penerapan pendekatan STEM. Menurut Carter (2013) yang mendorong siswa untuk berpikir pada masalah terbuka dan eksplorasi masalah dunia nyata harus melibatkan aktivitas berbasis proyek (PBL) yang mana aktivitas ini dapat dilakukan melalui pendekatan STEM yang terintegrasi. Peran guru sangat penting dalam konteks ini dengan memfasilitasi siswa agar dapat memecahkan masalah dengan melibatkan kemampuan berpikir untuk mendapatkan pengalaman belajar dari berbagai ilmu.

Muttaqiin (2023) pendekatan STEM dalam pembelajaran sudah sering diterapkan di Indonesia sebagai langkah untuk mendukung pelaksanaan kurikulum pembelajaran. Metode pembelajaran *Student-Centered* dipakai untuk melakukan pembelajaran, dengan tujuan menyiapkan lulusan yang memiliki banyak keterampilan. Terdapat berbagai variasi dalam menerapkan pendekatan STEM yang bisa membantu guru dalam melihat karakteristik siswa dan dapat menyesuaikan pendekatan dengan materi pembelajaran. Berdasarkan penelitian beberapa kajian, STEM memberikan hal positif bagi siswa terkait hasil belajar mereka. Beberapa dampak positif dari pendekatan STEM terhadap hasil belajar pada Tabel 2.

Tabel 2. Dampak Positif Pendekatan STEM Terhadap Hasil Belajar

Macam Aspek Pembelajaran	Dampak Positif
Aspek Kognitif	Pembelajaran STEM dapat meningkatkan pengetahuan yang keberlanjutan (Craig <i>et al.</i> , 2022) Pendekatan STEM memiliki dampak positif pada keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan pemecahan masalah (Dywan & Airlanda, 2020), (Widana & Septiari, 2021), (Sukmawijaya <i>et al.</i> , 2019), (Fadhilah* <i>et al.</i> , 2022),
Aspek Psikomotorik	Pendekatan STEM memiliki dampak yang signifikan pada keterampilan ilustrasi. (Yayi Febdia Pradani <i>et al.</i> , 2021)
Aspek Afektif	Tidak hanya dalam aspek pembelajaran tetapi juga dalam bidang emosional yang mendorong perkembangan positif pada siswa melalui pendekatan STEM (Martínez-Borreguero <i>et al.</i> , 2020). Selain itu, afeksi siswa merupakan dampak positif dari pendekatan STEM

Implementasi STEM dalam kerangka pendidikan sains di tingkat sekolah menengah dilakukan melalui penggabungan prinsip-prinsip STEM kedalam konten instruksional yang disampaikan kepada siswa di kelas (Tabel 2). Dalam domain sains, identifikasi konsep dan bahan yang relevan dilaksanakan sesuai dengan kurikulum yang telah ditetapkan sebelumnya. Selanjutnya, mengenai komponen teknologi, analisis teknologi dilakukan untuk meningkatkan kegiatan siswa, yang mencakup aspek perangkat kertas dan lunak, seperti pengambilan informasi atau pemanfaatan aplikasieksternal untuk memfasilitasi tahapan pemrosesan data. Bersamaan dengan itu proses desain merupakan elemen penting dari pendidikan STEM, menggabungkan tugas desain dan musyawarah ilmiah yang berkaitan dengan aspek teknik (Kelley & Knowles, 2016). Penerapan prinsip-prinsip dalam proses penyelidikan ilmiah sangat didukung dengan pembelajaran matematika dasar yaitu pada kemampuan integral dari dimensi matematika.

Sesuai dengan yang disampaikan Stauffer (2021) melalui artikelnya bahwa siswa membutuhkan empat keahlian individu pada pembelajaran dan empat keahlian itu dikenal dengan sebutan "the four C's" atau 4Cs (*Critical Thinking, Creativity, Collaboration, Communication*). Berpikir kritis (*critical thinking*) mengarahkan siswa untuk mencari kebenaran dalam setiap pernyataan, kreatif (*creativity*) mengarahkan siswa untuk memiliki cara berpikir yang unik, kolaborasi (*collaboration*) mengarahkan siswa agar dapat menghasilkan sesuatu yang luas dan unggul dengan dilakukan secara berkelompok dan komunikasi (*communication*) mengarahkan siswa untuk menyampaikan ide yang masuk akal sehingga siswa mempunyai keberanian dalam berkomunikasi antara satu dengan



yang lainnya. Dengan mempunyai keterampilan 4Cs, siswa dapat berkompetisi dalam dunia kerja dengan alasan telah menguasai berbagai keterampilan yang mendukung. Untuk penjelasan yang lebih singkat dan mudah dimengerti terkait “the four C’s” bisa diperhatikan di Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Empat Cs Menurut Stauffer (2021)

4Cs	Deskripsi
<i>critical thinking</i> (Berpikir Kritis)	Mengutamakan penyelesaian dalam setiap masalah, melatih siswa untuk mendapatkan kebenaran dalam setiap pernyataan yang ada, terutama dalam membedakan antara kebenaran dan pendapat orang lain.
<i>Creativity</i> (Kreatifitas)	Berpikir “ <i>out of the boxes</i> ”. Fokus dari kreativitas ialah mengajak siswa dibiasakan untuk berpikir secara berbeda dari orang lain, seperti menemukan solusi yang lebih baik kemudian berbagi ide tersebut dengan teman-teman lainnya.
<i>Collaboration</i> (Kolaborasi)	Bekerjasama agar memperoleh hasil yang baik. Melalui kolaborasi atau kerjasama ini, siswa akan dilatih agar dapat menyelesaikan masalah, menghasilkan solusi dan memutuskan perbuatan apa yang akan dilakukan dalam mengatasi sebuah permasalahan yang muncul.
<i>Communication</i> (Komunikasi)	Cara pengiriman informasi yang dikirim dengan cepat dan rinci. Pada era komunikasi berbasis teks saat ini, seperti SMS, email, dan media sosial, sangat penting untuk menyampaikan informasi dengan cara yang dapat dipahami orang lain. Ini akan memiliki dampak yang baik.

Melalui pendekatan STEM keterampilan 4Cs ini dapat membantu pendidik dalam menilai siswanya ketika pembelajaran berlangsung. Dari dampak penerapan pendekatan STEM dalam pembelajaran IPA yang telah dilakukan analisis dari beberapa artikel (Tabel 3), terpilih 10 artikel. Dari jumlah tersebut, 5 artikel menggunakan PjBl atau berbasis proyek, 2 artikel menggunakan Pbl atau berbasis masalah, 2 artikel menggunakan pembelajaran berbasis mandiri, dan 1 artikel menggunakan pembelajaran siklus belajar 5E, Selama pembelajaran siswa diberi pengajaran yang mendorong siswa untuk ikut serta. Pendidikan STEM memberi pembelajaran yang dapat menjamin siswa untuk meningkatkan kinerja mereka (Sandrone *et al.*, 2021). Terkait hasil pada Tabel 4, dapat terlihat bahwasanya pendekatan STEM dapat memberikan dampak positif terhadap pembelajaran IPA, yang meliputi berpikir kritis, berpikir kreatif, serta keterampilan memecahkan masalah. Dengan kata lain, dapat melatih siswa dalam memperoleh pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan melalui pendekatan STEM (Khalil, 2017).

Tabel 4. Hasil-Hasil Penelitian Pembelajaran STEM Pada Pembelajaran IPA

Penulis	Tahun	Materi	Model Pembelajaran	The Four C's	Hasil Pengaruh
(Ismayani, 2016)	2016	Statistika	<i>Project-based</i>	Kreatifitas Matematika	☒
(Sukmawijaya <i>et al.</i> , 2019)	2019	Pencemaran Lingkungan	<i>Project-based</i>	Berpikir Kreatif	+
(Dywan & Airlanda, 2020)	2020	IPA	<i>Project-based</i>	Berpikir Kreatif	+
(Ananda & Dasna, 2019)	2019	Laju Reaksi	<i>Learning Cycle 5E</i>	Berpikir Kritis	+
(Wastiti & Sulur, 2019)	2019	Suhu dan Kalor	<i>Inkuiri Terbimbing</i>	Berpikir Kritis	+
(Lukitawanti <i>et al.</i> , 2020)	2020	Elastisitas dan Hukum Hooke	<i>Project-based</i>	Pemecahan Masalah	+
(Nurazmi & Bancong, 2021)	2021	Fisika	<i>Problem-based</i>	Berpikir Kritis	+
(Widana & Septiari, 2021)	2021	Matematika	<i>Project-based</i>	Berpikir Kreatif	+
(Muhammad Santoso & Arif, 2021)	2021	Ekosistem	<i>Inquiry</i>	Berpikir Kritis	+
(Fadhilah* <i>et al.</i> , 2022)	2022	Biologi	<i>Problem-based</i>	Berpikir Kritis	+

Keterangan: + = berpengaruh positif, ☒ = peningkatan

Hasil menunjukkan bahwa penggabungan antara model pembelajaran dengan penerapan STEM dalam analisis artikel diatas: Adanya tahapan-tahapan dalam pembelajaran yang terstruktur dikarenakan adanya penerapan STEM. Terkait hal tersebut bahwa penerapan STEM yang dipadukan dengan model-model pembelajaran khusus, telah terbukti menghasilkan peningkatan. Sebagaimana buktinya telah dipaparkan 10 artikel hasil analisis diatas.

SIMPULAN

Kesimpulan dari kajian literatur menunjukkan bahwa penerapan STEM di Indonesia telah dilakukan melalui integrasi berbagai kegiatan pembelajaran. Pendekatan yang menggabungkan model pembelajaran dengan penerapan STEM membuat proses belajar mengajar menjadi lebih terstruktur dan sistematis. Kajian ini juga mengungkapkan bahwa pendekatan STEM memberikan dampak positif terhadap pembelajaran IPA, seperti meningkatkan kreativitas, kemampuan berpikir kritis, dan keterampilan pemecahan masalah. Untuk mendukung kurikulum di Indonesia, implementasi



pendekatan STEM dinilai penting dalam mempersiapkan siswa yang kompeten dan terampil untuk menghadapi tantangan dunia kerja. Pendekatan STEM sangat relevan dengan perubahan paradigma pembelajaran dari berpusat pada guru (*teacher-centered*) menjadi berpusat pada siswa (*student-centered*). Pergeseran ini mendorong siswa untuk lebih aktif berpartisipasi dalam pembelajaran dan memotivasi beragam metode pembelajaran, khususnya pendekatan berbasis STEM. Dengan keunggulan integrasi berbagai disiplin ilmu dan pengembangan keterampilan siswa, pendekatan STEM menjadi salah satu alternatif strategis untuk diterapkan dalam pembelajaran modern, baik pada mata pelajaran IPA maupun bidang studi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananda, Y. Y. T., & Dasna, I. W. (2019). Pembelajaran Learning Cycle 5E Dengan PendekatanStem Terhadap Kemampuan Berpikir KritisSiswa Pada Materi Laju Reaksi. Prosiding Seminar Nasional Kimia Dan Pembelajarannya (SNKP) 2019, November, 418–425.
- Asghar, A., Ellington, R., Rice, E., Johnson, F., & Prime, G. M. (2012). Supporting STEM Education in Secondary Science Contexts. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 6(2). <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1349>
- Carter, V. R. (2013). Defining Characteristics of an Integrated STEM Curriculum in K-12 Education. PhD Thesis.
- Craig, C. A., Petrun Sayers, E. L., Gilbertz, S., Karam, R., & Feng, S. (2022). The Role of STEM-Based Sustainability in Business and Management Curricula: Exploring Cognitive and Affective Outcomes in University Students. *Journal of Management Education*, 46(4), 656–684. <https://doi.org/10.1177/10525629211056316>
- Dywan, A. A., & Airlanda, G. S. (2020). Efektivitas Model Pembelajaran Project Based Learning Berbasis STEM dan Tidak Berbasis STEM terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Basicedu*, 4(2), 344–354. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v4i2.353>
- Ejiwale, J. A. (2013). Barriers to Successful Implementation of STEM Education. 7, 371–386. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24436-5_20
- Fadhilah*, N., Nurdiyanti, N., Anisa, A., & Wajdi, M. (2022). Integrasi STEM-Problem Based Learning melalui Daring Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa Pendidikan Biologi. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.24815/jipi.v6i1.22721>
- Falloon, G., Hatzigianni, M., Bower, M., Forbes, A., & Stevenson, M. (2020). Understanding K-12 STEM Education: a Framework for Developing STEM Literacy. *Journal of Science Education and Technology*, 29(3), 369–385. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09823-x>
- Herak, R. (2021). Peningkatan Hasil Belajar IPA Peserta Didik Kelas VIII Materi Sistem Ekskresi melalui Pengaruh Model STEM. *Jurnal Studi Guru Dan Pembelajaran*, 4(1), 127–134. <https://doi.org/10.30605/jsgp.4.1.2021.516>
- Ismayani, A. (2016). Pengaruh Penerapan STEM Project - Based Learning terhadap Kreativitas Matematis Siswa SMK. *Indonesian Digital Journal of Mathematics and Education*, 3(4), 264–272. <http://idealmathede.p4tkmatematika.org>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Khalil, N., Osman, K. (2017). STEM-21CS Module: Fostering 21 st Century Skills through Integrated STEM. *K-12 STEM Education*, 3(3), 225–233. <https://www.learnstechlib.org/p/209552/>
- Lestari, H., & Rahmawati, I. (2020). Integrated STEM through Project Based Learning and Guided Inquiry on Scientific Literacy Abilities in Terms of Self-Efficacy Levels. *Al Ibtida: Jurnal Pendidikan Guru MI*, 7(1), 19. <https://doi.org/10.24235/al.ibtida.snj.v7i1.5883>
- Lukitawanti, S. D., Parno, & Kusairi, S. (2020). Pengaruh PjBL-STEM Disertai Asesmen Formatif terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah pada Materi Elastisitas dan Hukum Hooke. *Jurnal Riset Pendidikan Fisika*, 5(2), 83–91. <http://journal2.um.ac.id/index.php/jrpf/>



- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799–822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Martínez-Borreguero, G., Mateos-Núñez, M., & Luis Naranjo-Correa, F. (2020). Implementation and Didactic Validation of STEM Experiences in Primary Education: Analysis of the Cognitive and Affective Dimension. *Theorizing STEM Education in the 21st Century*, 1–18. <https://doi.org/10.5772/intechopen.88048>
- Muhammad Santoso, A., & Arif, S. (2021). Efektivitas Model Inquiry dengan Pendekatan STEM Education terhadap Kemampuan Berfikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Tadris IPA Indonesia*, 1(2), 73–86. <https://doi.org/10.21154/jtii.v1i2.123>
- Mulyani, T. (2019). Pendekatan Pembelajaran STEM untuk menghadapi Revolusi.
- Muttaqin, A. (2023). Pendekatan STEM (Science, Technology, *Engineering*, Mathematics) pada Pembelajaran IPA Untuk Melatih Keterampilan Abad 21. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 13(1), 34–45. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i1.819>
- Nurazmi, & Bancong, H. (2021). Integrated STEM-Problem Based Learning Model: Its Effect on Students's Critical Thingking. *Kasuari: Physics Education Journal*, 4(2), 70–77. <http://jurnal.unipa.ac.id/index.php/kpej>
- Putri, D. M., Mulyani, L., & Husna, M. (2023). Penerapan Pendekatan STEM (Science, Teknologi, *Engineering*, and Math) dalam Meningkatkan Hasil Belajar dan Sikap Ilmiah Siswa pada Pembelajaran Biologi. *Prosiding SEMNAS BIO*, 2021, 1129–1138. <https://semnas.biologi.fmipa.unp.ac.id/index.php/prosiding/article/view/684>
- Roberts, A., & Cantu, D. (2012). Applying STEM Instructional Strategies to Design and Technology Curriculum. *Technology Education in the 21st Century*, 111–118. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:533285/fulltext01.pdf%2523page=81#page=111>
- Sandrone, S., Scott, G., Anderson, W. J., & Musunuru, K. (2021). Active learning-based STEM education for in-person and online learning. *Cell*, 184(6), 1409–1414. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.01.045>
- Staufer, B. (2021). What Are the Four C' s of 21st Century Skills? 1–7. <https://www.aeseducation.com/blog/what-are-21st-century-skills>
- Sukmawijaya, Y., Suhendra, S., & Juhanda, A. (2019). Pengaruh Pembelajaran STEM terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa. *Kognitif: Jurnal Riset HOTS Pendidikan Matematika*, 4(1), 472–482. <https://doi.org/10.51574/kognitif.v4i1.1564>
- Syahada, N. L., Wulandari, I., & Setyawan, A. (2022). Problematika Peserta Didik Dalam Pembelajaran Dan Alternatif Solusi Pada Peserta Didik Di Sdn Kowel 3. *Jurnal Pembelajaran Dan Pengembangan Matematika*, 2(2), 224–236. <https://doi.org/10.36733/pemantik.v2i2.5466>
- Torlakson, T. (2014). Innovate A blueprint for STEM in California public education. May, 7.
- Wastiti, L., & Sulur, S. (2019). Pengaruh STEM-Thinking Maps pada Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas XI pada Materi Suhu dan Kalor. *Jurnal Riset Pendidikan Fisika*, 4(2), 110–115.
- Widana, I. W., & Septiari, K. L. (2021). Kemampuan Berpikir Kreatif dan Hasil Belajar Matematika Siswa Menggunakan Model Pembelajaran Project-Based Learning Berbasis Pendekatan STEM. *Jurnal Elemen*, 7(1), 209–220. <https://doi.org/10.29408/jel.v7i1.3031>
- Yayi Febdia Pradani, Rohman, M., & Ahmad Saepuddin. (2021). Efektivitas Model PjBL STEM dalam Meningkatkan Keterampilan Menggambar Teknik Mahasiswa. *Taman Vokasi*, 9(2), 101–109. <https://doi.org/10.30738/jtvok.v9i2.11325>