

**PENGEMBANGAN KURIKULUM BERBASIS STEM UNTUK MENINGKATKAN
KOMPETENSI SISWA DI ERA DIGITAL: TINJAUAN SYSTEMATIC LITERATURE
REVIEW**

Lilik Mustofiyah¹, Fitri Puji Rahmawati², Anik Ghufon³

^{1,2,3}Magister Pendidikan Dasar, Universitas Muhammadiyah Surakarta

¹q200239075@student.ums.ac.id,² fpr223@ums.ac.id, ³anikghufon@uny.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji strategi pengembangan kurikulum berbasis STEM, menemukan tantangan utama dalam pelaksanaannya dan menilai dampak implementasi kurikulum berbasis STEM terhadap kemampuan siswa di era digital melalui tinjauan literatur sistematis. Pendekatan systematic literature review (SLR) digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mensintesis temuan-temuan dari berbagai studi terkait. Penelitian ini menawarkan kebaruan dengan fokus pada konteks negara berkembang dan penggunaan pendekatan SLR yang komprehensif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa strategi pengembangan kurikulum berbasis STEM dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain; 1) integrasi interdisipliner 2) pembelajaran berbasis proyek dan masalah, 3) pembelajaran berpusat pada siswa, 4) pemanfaatan media pembelajaran berbasis teknologi digital, 5) pengembangan kompetensi abad 21. Pendidikan STEM dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi yang sangat dibutuhkan di abad ke-21. Namun, terdapat berbagai tantangan dalam penerapannya, terutama di negara berkembang, termasuk keterbatasan sumber daya, infrastruktur, dan pelatihan guru. Penelitian ini mengidentifikasi strategi efektif yang dapat digunakan untuk mengatasi tantangan tersebut, seperti peningkatan pelatihan guru, pengembangan infrastruktur, dan integrasi teknologi dalam pembelajaran. Temuan penelitian ini memberikan rekomendasi praktis bagi pendidik dan pembuat kebijakan dalam mengimplementasikan kurikulum STEM yang efektif, serta kontribusi pada literatur akademik dalam bidang pendidikan STEM. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan pendidikan yang lebih inklusif dan berkualitas di era digital.

Kata Kunci: STEM, kurikulum, kompetensi abad ke-21, era digital, tinjauan literatur sistematis

ABSTRACT

Through a systematic literature review, this study aimed to investigate STEM-based curriculum development strategies, identify key challenges in their implementation, and assess the impact of STEM-based curriculum implementation on students' capabilities in the digital era. We used a systematic literature review approach to identify, analyze, and synthesize findings from relevant studies. This research offers novelty by focusing on developing country contexts and using a comprehensive SLR approach. The results demonstrated several ways to implement STEM-based curriculum development strategies, including: 1) interdisciplinary integration. 2) project- and problem-based learning; 3) student-centered learning; 4) utilization of digital technology-based learning media; and 5) development of 21st-century competencies. The 21st century requires critical thinking, creativity, collaboration, and communication skills, all of which STEM education can enhance. However, there are various challenges in its implementation, especially in developing countries, including limited resources, infrastructure, and teacher training. This research pinpoints effective strategies to surmount these challenges, including enhancing teacher training, building infrastructure, and incorporating technology into the learning process. The research pinpoints strategies that effectively address these challenges, including enhancing teacher training, developing infrastructure, and incorporating technology into learning. The research is novel because it focuses on developing country contexts and uses a comprehensive SLR approach. The findings provide practical recommendations for educators and policymakers in implementing effective STEM curricula, as well as contributions to the academic literature in STEM education. Therefore, we anticipate that this research will contribute to the advancement of inclusive and high-quality education in the digital era.

Keywords: STEM, curriculum, 21st century competencies, digital age, systematic literature review

A. Pendahuluan

Dalam era digital, banyak aspek kehidupan masyarakat telah berubah, seperti pendidikan. Cara orang belajar, bekerja, dan berbicara telah berubah sebagai akibat dari perkembangan cepat teknologi informasi dan komunikasi. Hal ini menghadirkan berbagai peluang dan tantangan baru bagi dunia pendidikan. Siswa saat ini dihadapkan dengan tantangan yang semakin kompleks, yang membutuhkan keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan literasi digital. Untuk menyiapkan siswa menghadapi tantangan tersebut, pengembangan kurikulum berbasis STEM (Sains, Teknologi, Engineering, dan Matematika) menjadi sangat penting.

Kurikulum STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) memiliki potensi untuk meningkatkan kompetensi peserta didik yang diperlukan di era digital. STEM mengintegrasikan empat disiplin ilmu tersebut secara holistik, memungkinkan siswa untuk mempelajari konsep dan keterampilan yang saling terkait dan relevan dengan kehidupan nyata. Melalui pembelajaran yang terintegrasi dan berbasis masalah nyata, siswa dapat

mengembangkan kemampuan pemecahan masalah, berpikir kritis, serta keterampilan teknis dan komputasi. STEM, telah muncul sebagai model pendidikan holistik yang bertujuan untuk mengembangkan beragam keterampilan, termasuk literasi era digital, pemikiran inventif, komunikasi yang efektif, dan produktivitas yang tinggi (Widya et al., 2019). Dalam konteks ini, pengembangan kurikulum berbasis STEM menawarkan jalur yang menjanjikan untuk meningkatkan kompetensi siswa dan mempersiapkan mereka untuk menghadapi tuntutan era digital yang beraneka ragam

Namun, implementasi kurikulum STEM di sekolah-sekolah masih menghadapi berbagai tantangan, seperti kurangnya pelatihan guru, keterbatasan sumber daya, dan kesenjangan gender.

Pada abad ke-21, lanskap global mengalami perubahan besar berkat kemajuan teknologi yang cepat dan dominasi teknologi digital (Widya et al., 2019). Akibatnya, tuntutan terhadap sistem pendidikan juga berubah, memerlukan peninjauan kembali pendekatan kurikulum untuk lebih memenuhi kebutuhan siswa masa kini (Srivastava, 2023) (Vought,

2018). Pendidik dan pembuat kebijakan memahami pentingnya mengembangkan kurikulum yang tidak hanya mengajarkan pengetahuan khusus dalam mata pelajaran tertentu, tetapi juga mengembangkan keterampilan penting abad ke-21, seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, kolaborasi, dan kemampuan beradaptasi (Widya et al., 2019) (Vanoy, 2022) (Vought, 2018).

Pendidikan sangat penting untuk mempersiapkan siswa untuk bersaing dan beradaptasi di masa depan di era teknologi yang terus berkembang. Abad ke-21 menuntut peningkatan literasi digital dan kompetensi. Akibatnya, kurikulum pendidikan harus disesuaikan (Meyanti & Lasmawan, 2023). Sebagian besar orang percaya bahwa pendekatan pembelajaran berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) adalah cara terbaik untuk meningkatkan kemampuan siswa untuk mengatasi tantangan di era digital. Diharapkan bahwa integrasi empat elemen utama STEM (Sains, Teknologi, Rekayasa, dan Matematika) akan membantu siswa belajar berpikir kritis, kreatif, berkolaborasi, dan berkomunikasi dengan baik.

Keterampilan ini sangat penting di abad ke-21 (Widya et al., 2019)

Beberapa penelitian telah menunjukkan potensi pendidikan STEM dalam meningkatkan kompetensi siswa. Pendesainan lembar kerja peserta didik berbasis STEM pada materi elastisitas dan hukum Hooke menemukan bahwa pendekatan ini dapat membekali siswa dengan keterampilan memecahkan masalah, menyimpulkan, serta mengaplikasikan pengetahuan pada situasi berbeda (Efwinda et al., 2021). Dalam penelitiannya Aulia Permata Dewi, Shinta dkk. juga menemukan bahwa Pendekatan pembelajaran STEM memungkinkan siswa berpartisipasi lebih aktif dalam proses pembelajaran karena meminta mereka bekerja secara berkelompok. Pendekatan ini juga memiliki langkah-langkah yang dianggap dapat mencapai indikator keberhasilan dalam kemampuan berpikir kritis siswa, yang dapat meningkatkan hasil belajar mereka (Dewi, S, A, P., Wibowo, F, C., & Budi, 2020). Penelitian lain yang juga mendukung bahwa desain pembelajaran yang menggunakan dengan mengintegrasikan berbagai mata pelajaran (model STEM) dapat meningkatkan keterampilan abad-21

yaitu 4 C (Oktapiani & Hamdu Ghullam, 2020). Selain itu, pelatihan pembelajaran STEAM bagi guru IPA di Kalimantan Timur juga menunjukkan antusiasme dan semangat guru dalam mengimplementasikan pendekatan STEM/STEAM di kelas (Efwinda et al., 2021).

Tiga hal utama yang ditawarkan oleh studi ini adalah sebagai berikut: **pertama**, kajian ini berfokus pada konteks negara berkembang, di mana penelitian sebelumnya lebih banyak dilakukan di negara maju. **Kedua**, pendekatan peninjauan literatur sistematis (SLR) dalam lima tahun terakhir yang digunakan dalam penelitian ini memungkinkan peneliti untuk menemukan dan mensintesis hasil dari berbagai studi secara menyeluruh dan berbasis bukti. **Terakhir**, penelitian ini tidak hanya aspek tertentu dari pendidikan STEM, tetapi melihat dari berbagai aspek.

Alasan melakukan penelitian ini adalah pentingnya perkembangan kurikulum berbasis STEM telah diakui secara global. Berbagai negara telah berlomba-lomba mengintegrasikan STEM dalam kurikulum pendidikan mereka. Namun di Indonesia, implementasi STEM masih terbilang terlambat dan belum optimal.

Penelitian ini untuk menjawab pertanyaan bagaimana strategi yang digunakan untuk mengembangkan kurikulum berbasis STEM, ? Apa saja tantangan utama yang dihadapi dalam implementasi kurikulum berbasis STEM di sekolah? Bagaimana mengatasi tantangan dalam pengembangan dan implementasi kurikulum berbasis STEM? Apa dampak dari implementasi kurikulum berbasis STEM terhadap kompetensi siswa di era digital?

Ini adalah penelitian yang bertujuan untuk menemukan strategi yang digunakan untuk mengembangkan kurikulum berbasis STEM, menemukan tantangan utama dalam pelaksanaannya, menilai pendekatan yang berhasil, dan menilai dampak implementasi kurikulum berbasis STEM terhadap kemampuan siswa di era digital.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperluas wawasan bagi pendidik, pembuat kebijakan, dan peneliti dalam mendesain dan mengimplementasikan kurikulum berbasis STEM yang lebih efektif dan relevan dengan kebutuhan era digital.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) untuk mengumpulkan dan menganalisis literatur yang relevan. SLR memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan menginterpretasikan semua penelitian yang tersedia terkait topik tertentu dengan cara yang sistematis dan transparan.

Systematic Literature Review (SLR), juga disebut sebagai review sistematis, adalah sarana untuk menemukan, mengevaluasi, dan menafsirkan semua penelitian yang tersedia yang berkaitan dengan pertanyaan penelitian, bidang topik, atau fenomena yang menarik (Kitchenham, 2021). Menurut Kitchenham, ada tiga tahapan dalam proses *Systematic Literature Review* (SLR), yaitu perencanaan (*planning*), pelaksanaan (*conducting*), dan pelaporan tinjauan Pustaka (*reporting*).

Pada tahap **perencanaan (*planning*)**, menentukan topik penelitian. Artikel ini memfokuskan pada pengembangan kurikulum STEM untuk meningkatkan kompetensi siswa di era digital, khususnya keterampilan abad ke-21. Setelah itu, disusun pertanyaan penelitian (Research Questions, RQ) yang relevan dengan

objek penelitian tersebut. Pertanyaan penelitiannya mencakup: bagaimana strategi pengembangan kurikulum berbasis STEM di era digital? Apa saja tantangan utama yang dihadapi dalam implementasi kurikulum berbasis STEM di sekolah? Strategi efektif apa yang dapat digunakan untuk mengatasi tantangan dalam pengembangan dan implementasi kurikulum STEM? Dan, apa dampak dari implementasi kurikulum berbasis STEM terhadap kompetensi siswa di era digital?

Tahap pelaksanaan (*Conducting*) : tahap ini merupakan bagian dari proses pelaksanaan penelitian. Artikel dicari berdasarkan kriteria dan kesesuaian dengan kata kunci yang ditentukan. Pada tahap ini, peneliti mengumpulkan artikel jurnal dari database *google scholar*, *Semantic Scholar*, *Directory Open Access Journal (DOAJ)*. dan *Scopus* dengan menggunakan aplikasi *publish or perish*. Kata kunci yang digunakan adalah STEM, kurikulum, kompetensi, dan era digital. Artikel yang dikumpulkan hanya artikel yang diterbitkan pada periode tahun 2020 hingga 2024 Artikel yang ditemukan total 68 artikel dari dalam dan luar negeri yang memenuhi kriteria kata

kunci, yang kemudian dijadikan populasi penelitian. Selanjutnya, dilakukan seleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi dari populasi tersebut, dan akhirnya terpilih 21 artikel yang lolos seleksi.

Pada penelitian ini, kriteria inklusi yang diterapkan meliputi jurnal yang terindeks dengan Scopus, SINTA yang jelas dan prosiding akademik, publikasi jurnal dalam lima tahun terakhir, serta jenis penelitian yang mencakup eksperimen, kualitatif, dan pengembangan. Di sisi lain, kriteria eksklusi mencakup judul yang tidak relevan, tidak tersedianya teks lengkap, abstrak yang tidak relevan, serta kesimpulan hasil penelitian yang tidak jelas.

Setelah proses seleksi artikel selesai, tahap berikutnya adalah mensintesis data. Sintesis data ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi hasil penelitian dari berbagai artikel yang telah dipilih. Hasil sintesis data dalam penelitian ini akan disajikan dalam bentuk naratif, yang memungkinkan penjelasan yang komprehensif dan terstruktur mengenai temuan-temuan utama dari berbagai studi yang telah dikaji.

Tahap selanjutnya adalah **pelaporan (reporting)**. Pada tahap ini

melaporkan hasil analisis dan evaluasi dari review jurnal-jurnal.

3. Hasil dan Pembahasan

Data yang dianalisis berasal dari artikel-artikel yang telah dipilih berdasarkan kriteria tertentu. Peneliti menganalisis total 21 artikel. Proses analisis dilakukan setelah data direduksi. Reduksi data dilakukan pada artikel A1 hingga A 21, dan hasil dari proses reduksi ini ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengembangan Kurikulum Berbasis STEM untuk Meningkatkan Kompetensi Siswa di Era Digital

Kode	Nama Peneliti Tahun Dan Jurnal	Judul	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
A1	Intan Phandini, Ahmad Fauzi, Moh. Mirza Nuryady, Husamah, Fuad Jaya Miharja, 2023 (SINTA 2)/ Jurnal Inovasi Pendidikan IPA, 9 (2), 2023, 118-126	STEM-PBL integrative electronic module: Is that effective in improving students' critical thinking skills?	model ADDIE	Modul elektronik berbasis STEM dengan model pembelajaran berbasis masalah (PBL) untuk topik pencemaran lingkungan dianggap sangat layak dan praktis juga efektif. Ketertarikan siswa terhadap E-Modul ini mencapai 86 %. Keefektifan e-modul pada materi pencemaran lingkungan menunjukkan potensi peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa, dibuktikan dengan perbedaan signifikan pada hasil pretest dan posttest.
A2	Siti Muningsari, Sarwanto, Murni Ramli, 2023 (SINTA 2)/ Journal of Educational Research and Evaluation	The Effectiveness of Learning Progression-based Biotechnology y STEM Module to Improve Metacognitive	metode eksperimen dengan desain pretest-posttest control grup	Penelitian ini menunjukkan bahwa siswa kelas IX SMP dapat meningkatkan keterampilan metakognitif mereka melalui modul bioteknologi berbasis STEM yang fokus pada perkembangan kognitif. Hasil uji t sampel independen menunjukkan

		Skills		bahwa nilai t-hitung lebih besar daripada nilai t-tabel, yang menandakan adanya perbedaan signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Selain itu, analisis efek menunjukkan bahwa modul bioteknologi STEM berbasis perkembangan kognitif secara signifikan meningkatkan keterampilan metakognitif siswa. Modul ini memungkinkan guru menciptakan lingkungan belajar yang mendukung pengembangan keterampilan metakognitif
A3	Kevin Adhelacahya, Sukarmin, Sarwanto, 2023 (SINTA 2)/ <i>Journal of Research in Science Education</i>	The Impact of Problem-Based Learning Electronics Module Integrated with STEM on Students' Critical Thinking Skills	Metode Quasi Eksperimen	Penelitian menunjukkan bahwa model pembelajaran berbasis masalah terintegrasi STEM dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Uji normalitas dan homogenitas menunjukkan data berdistribusi normal dan homogen. Uji-t sampel berpasangan menunjukkan perbedaan signifikan antara pretest dan posttest kemampuan berpikir kritis dengan nilai sig. (2-tailed) <0,05. Nilai N-Gain sebesar

				0,76 untuk materi kategori tinggi menunjukkan modul ini berdampak positif pada kemampuan berpikir kritis siswa.
A 4	Yupani, E. & Widana, I. W. (2023). (SINTA 2)/ Indonesian Research Journal in Education (IRJE)	The Impacts of the Stem-Based Inquiry Learning Models on Critical Thinking and Concept Mastery	Metode Quasi Eksperimen	Hasil penelitian menunjukkan bahwa model pembelajaran inkuiri berbasis STEM lebih efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan penguasaan konsep sains dibandingkan dengan model pembelajaran ekspositori.
A 5	Desma Linda, Yusnaidar , Wilda Syahri, dan Sugeng Triwahyudi, 2023.(SINTA 3)/ Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains, XI (1), 2023, 75-83	Analisis Kebutuhan Pengembangan e-LKPD Berbasis STEM-PjBL pada Materi Koloid untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa	Metode Deskriptif Kualitatif	Hasil dari analisis kebutuhan guru dan siswa kimia di SMA Negeri 2 Muaro Jambi, ditemukan bahwa 66,7% peserta didik mengalami kesulitan dalam mempelajari materi koloid. Semua peserta yang disurvei setuju bahwa e-LKPD berbasis STEM-PjBL akan membantu meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa.
A 6	Nida, Oktapiani, Gullam, Hamdu, 2020/ Jurnal Ilmiah	Desain Pembelajaran STEM Berdasarkan	Metode kualitatif dengan metode	Hasil penelitian melalui FGD memvalidasi bahwa desain pembelajaran dengan model STEM yang

	Pendidikan Dasar Vol. VII No. 2 Juli 2020	Kemampuan Sekolah Dasar	FGD di Sekolah Dasar	mengintegrasikan beberapa mata pelajaran, seperti sains, teknik, teknologi, dan matematika secara bersama-sama mampu meningkatkan keterampilan abad 21 yaitu 4C (Critical thinking, Communication, Collaboration, dan Creativity).
A 7	Agustina A et al , 2021 SINTA 3 / Science Education Journal (SEJ)	Efektivitas LKPD Berbasis STEM (<i>Science, Technology, Engineering, Mathematics</i>) Untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kreatif Peserta Didik	Kuantitatif Pre-Eksperimen dengan model one grup Pre Test post test	Hasil penelitian menunjukkan bahwa LKPD berbasis STEM efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif peserta didik. Hal ini ditunjukkan N-Gain 52,38 % (kategori tinggi) dan ketercapaian indikator berfikir kreatif.
A 8	Rahmawati, L., & Juandi, D. 2022 .SINTA 3/ <i>Teorema: Teori dan Riset Matematika</i> , 7(1), 149–160,	Pembelajaran Matematika Dengan Pembelajaran STEM: Systematic Literature	Systematic Literature Review (SLR),	Hasil penelitian menyatakan bahwa Pendekatan Silo (Silo Approach), Pendekatan Tertanam (Embedded Approach), dan Pendekatan Terintegrasi

	Maret 2022	Review		(Integrated Approach) merupakan metode yang bisa digunakan untuk mengimplementasikan STEM dalam pembelajaran di semua jenjang pendidikan. Dalam pembelajaran matematika, STEM dapat diintegrasikan melalui model pembelajaran STEM-PjBL dan STEM-PBL. Bahan ajar berbasis STEM seperti buku saku, LKPD, media pembelajaran berbasis Android, dan perangkat lunak seperti GeoGebra dapat digunakan sebagai media pembelajaran.
A 9	Komarudin, Gusti Ayu Farah Nabilla, Saiful Bahri, Laila Puspita, Muhamad Afandi, 2022.(SINTA 3) / Jurnal Tadris Matematika 5(2), November 2022, 257-272	Pengembang an Buku Saku Digital Berbasis STEM Berbantuan Appypie: Studi Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa	Metode R & D	Hasil penelitian menunjukkan bahwa Buku Saku Digital berbasis STEM berbantuan Appypie terhadap kemampuan berpikir kreatif siswa sangat layak dan efektif digunakan sebagai media pembelajaran.
A 10	Naufal Rafiif	Pengembang	Metode	Hasil penelitian

	Nafiyanto, Irvany an Nurita Pebriana, S.Pd., M.Pd., 2023 (SINTA 3)/ Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains, XI (2), 2023, 28-37	E-Modul Dinamika Partikel Model Guided Discovery Learning Berbasis Stem Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Dan Kemampuan Kolaborasi Peserta Didik	peneliti n R&D dengan mengu nakan model 4D.	menunjukkan bahwa: (1) e- modul dinamika partikel berbasis STEM dengan model guided discovery learning menggunakan model 4D. (2) E-modul ini memperoleh skor validasi 3,25, yang termasuk kategori sangat baik. (3) E- modul efektif meningkatkan pemahaman konsep dengan effect size 1,29 (kategori tinggi), namun belum efektif meningkatkan kemampuan kolaborasi dengan effect size 0,19 (kategori tidak signifikan). (4) Pemahaman konsep pada aspek interpretasi dan ekstrapolasi masing- masing 4,91 dan 4,22 (kategori sangat baik), serta aspek komitmen, keaktifan, tanggung jawab, dan menghargai masing- masing 3,28; 3,30; 3,31; dan 3,38 (kategori sangat baik).
A 11	Meinarni, Welli, 2022 (SINTA 4)/ JEMARI: Jurnal Edukasi Madrasah	Implementasi Model Pembelajaran STEM Dalam Pembelajaran	Peneliti n kualitatif	Hasil penelitian menunjukkan bahwa guru matematika di SD Negeri Tanamodindi telah menerapkan model

Ibtidaiyah, Vol. 4 No. 2, Halaman: 109 – 114,	Matematika di SD	pembelajaran STEM, mendorong siswa untuk belajar secara alternatif dan berbasis teknologi. Dalam pembelajaran matematika, model pembelajaran STEM mampu melatih siswa secara kognitif, keterampilan, dan afektif. Oleh karena itu, model ini harus diterapkan dalam pembelajaran matematika agar menghasilkan lulusan yang kreatif dalam matematika dan teknologi.
A 12 Zikry Indra Fadillah, 2024 (SINTA 4)/ JSE: Journal Sains and Education Vol 2 No 1 April 2024	Pentingnya Pendidikan STEM (Sains, Teknologi, Rekayasa, dan Matematika) di Abad-21	Metode kualitatif dengan jenis penelitian n kepuustakaan Hasi penelitian menunjukkan bahwa Pendidikan STEAM memiliki potensi signifikan dalam meningkatkan kualitas pembelajaran dan mempersiapkan siswa untuk menghadapi tantangan di masa depan. Namun, keberhasilannya memerlukan dukungan yang kuat dari pemerintah, lembaga pendidikan, dan pemangku kepentingan terkait. Dengan kerjasama dan komitmen yang solid, pendidikan STEAM bisa

				menjadi salah satu pilar utama dalam memajukan pendidikan di Indonesia menuju era digital dan globalisasi.
A.13	Menza Hendri, Dian Pertiwi Rasmi, Amril Sastra	Analisis Kebutuhan E- LKPD Interaktif Terintegrasi STEM di SMA Negeri 13 Kerinci	Penelitian n deskripti p kualitatif	Berdasarkan penelitian yang menggunakan metode deskriptif kualitatif melalui wawancara dengan guru, disimpulkan bahwa diperlukan sumber belajar berupa Lembar Kerja Peserta Didik (e-LKPD) yang interaktif dan terintegrasi STEM untuk meningkatkan pemahaman konsep dan memenuhi keterampilan abad 21. E-LKPD ini seharusnya dapat membantu peserta didik belajar secara aktif dan mandiri, mengembangkan keterampilan komunikasi yang baik, memahami materi yang disampaikan, serta mendukung kebutuhan bahan ajar yang diperlukan oleh guru.
A 14	Fitriana, Wahyuning Norma, Ratna	Pengaruh E- <i>Model</i> dengan pendekatan	Metode penelitian n nonequiv	Penerapan E-module dengan pendekatan STEM memiliki dampak signifikan terhadap

	2023 (SINTA 4)/ Pancasakti Science Education Journal. PSEJ Vol 8 No. 2 (Hal 1-10)	STEM terhadap kreativitas dan peserta didik Sekolah Menengan Pertama (SMP)	alent control gurp design	kreativitas peserta didik, dengan hasil t-test sebesar 4,77, menunjukkan perbedaan yang nyata antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Sebanyak 39,69% kreativitas peserta didik dipengaruhi oleh E- module dengan pendekatan STEM.
A 15	Nabila Nur Annisa, Erna Suhartini1, Muhammad Ramli Buhari, Andi Asrafiani Arafah, 2023 (SINTA 4)/Jurnal Pendidikan MIPA, Vol 13, No.1	Pengembang an LKPD IPA Berbasis STEM pada Tema 1 Indahnya Kebersamaan Materi Bunyi Kelas IV Sekolah Dasar	metode R&D serta model ADDIE	Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa LKPD berbasis STEM pada tema "Indahnya Kebersamaan" untuk materi bunyi kelas IV yang dikembangkan menggunakan model ADDIE melalui aplikasi Canva telah berjalan dengan baik. Penelitian ini menghasilkan produk LKPD IPA berbasis STEM untuk materi bunyi dengan respon positif dari validator, peserta didik, dan guru. Berdasarkan hasil rata-rata validasi ahli dan uji coba, LKPD ini mendapatkan kategori "sangat tinggi,"

				menunjukkan bahwa LKPD IPA berbasis STEM ini sangat layak diterapkan sebagai bahan ajar.
A 16	Afinda Abdi Widana, Pramudya Dwi Aristya, Aris Singgih Budiarmo, 2023 (SINTA 4)/Lensa (Lentera Sains):Jurnal Pendidikan IPA, Vol 13, No.1	Pengembangan Modul <i>Flipbook Digital</i> Berbasis STEM Materi Sistem Perencanaan Manusia Untuk Meningkatkan Literasi Sains	metode R&D serta model ADDIE	Modul berbasis STEM dinilai sangat baik dari segi kepraktisan, sehingga dianggap praktis untuk digunakan sebagai bahan ajar. Keefektifan modul dalam meningkatkan literasi sains siswa berada pada kategori sedang, menunjukkan bahwa modul ini mampu meningkatkan literasi sains siswa. Respon siswa sangat positif, menunjukkan bahwa modul ini diterima dengan baik oleh siswa dan layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran.
A 17	Anggit Grahito Wicaksono, 2020 (SINTA 4)/Lensa (Lentera Sains):Jurnal Pendidikan IPA, Vol.10, No. 1 Hal	Penyelenggaraan Pembelajaran IPA Berbasis Pendekatan STEM Dalam Menyongson	Metode <i>Library Research</i>	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa (1) aspek-aspek penting dalam pembelajaran IPA yang sesuai dengan tuntutan revolusi industri 4.0 meliputi penggunaan

54-62	g Era Revolusi Industri 4.0			<p>model pembelajaran inovatif berbasis masalah atau proyek, pendekatan yang melibatkan unsur sains, teknologi, dan masyarakat, serta kemampuan meningkatkan keterampilan abad 21 seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kreativitas; dan (2) penerapan pembelajaran IPA berbasis project based learning yang digabungkan dengan pendekatan STEM adalah contoh penerapan teknologi ramah lingkungan yang dapat meningkatkan kreativitas peserta didik dalam mengelola limbah menjadi sumber energi terbarukan.</p>
A 18	<p>Suwardi, 2021 (SINTA 5)/ Paedagogy: Jurnal Ilmu Pendidikan dan Psikologi, Vol 1 No. 1</p>	<p>STEM (Science, Technology, Endineering, And Mathematics) Inovasi Dalam Pembelajaran</p>	<p>Studi Literatur</p>	<p>Pembelajaran STEM sebaiknya diterapkan pada disiplin ilmu seperti sains, matematika, dan vokasi (teknik) karena pendekatan ini menekankan praktik dan pemecahan masalah sehari-hari, membuat</p>

		Vokasi Era Merdeka Belajar Abad 21		siswa lebih memahami materi. Diharapkan pembelajaran STEM dapat diterapkan secara luas di pendidikan vokasi, memberikan manfaat bagi guru dan siswa serta sesuai dengan tuntutan pendidikan abad 21 dan konsep merdeka belajar.
A 19	Arwan Wiratman, Bungawati Bungawati, Ervi Rahmadani,202 3 (SINTA 4)/ SITTAH: Journal of Primary Education	Project- Based Learning Integrated With Science, Technology, Engineering, And Mathematics (STEM) To The Critical Thinking Skills Of Of Student In Elementary School	Desain kuantitati f dengan rancang an <i>pre- eksperim ental one- group pretest- posttest design</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek yang mengintegrasikan Sains, Teknologi, Rekayasa, dan Matematika memiliki pengaruh positif terhadap kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar. Melalui pendekatan ini, kemampuan berpikir kritis siswa terstimulasi dan dilatih, sehingga mereka mampu mendefinisikan, merumusk an, berargumentasi, dan menyimpulkan dalam menyelesaikan masalah.
A. 20	Baiq Aryani Novianti, Putu Kerti Nitiasih,	Study Of STEM-Based Learning	Studi Pustaka (<i>Library</i>)	Analisis beberapa artikel penelitian menunjukkan bahwa pendidikan STEM

	Putu Nanci Riastini, 2023 (SINTA 4)/ Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan Vol 8, No. 3	Against 4 C Skills Critical, Creative, Communication, and Collaboration) In Science	Research h)	sangat populer dalam pembelajaran sains karena mengasah kemampuan kognitif, manipulatif, desain, teknologi, dan penerapan pengetahuan. Implementasi pendekatan STEM untuk keterampilan 4C dalam pelajaran sains di Indonesia penting untuk mempersiapkan sumber daya manusia yang kompeten menghadapi tantangan abad 21.
A 21	Lavenia Puspa Anggreiny, Ezra Egidia Shelomitha Limbong, Andrew Simanjuntak, 2023/Indonesian Journal of Advanced Research (IJAR) Vo. 2, No. 12	Meta Analysis of the Effectiveness of the STEM Approach to 21st Century Skills in High School Physics Learning	Metode Meta Analisis	Jumlah efek rata-rata pendekatan STEM terhadap kemampuan abad ke-21 adalah 1,6 untuk kreativitas, 2,78 untuk pemikiran kritis, 4,94 untuk komunikasi, dan 3,96 untuk kerja sama, yang menunjukkan bahwa pendekatan ini digunakan dengan efektif terhadap kemampuan abad ke-21.

Berdasarkan hasil analisis literatur yang dipaparkan pada tabel 1 di atas dapat disimpulkan bahwa dari semua literatur yang dijadikan data sekunder menunjukkan bahwa pengembangan kurikulum berbasis

STEM memiliki dampak positif pada peningkatan kompetensi siswa di era digital yaitu kompetensi abad-21.

Dari literatur tersebut, ada beberapa strategi yang dilakukan dalam pengembangan kurikulum

berbasis STEM untuk meningkatkan kompetensi siswa di era digital. Strategi pengembangan yang digunakan adalah; **1) integrasi interdisipliner.** Dalam hal ini strategi yang digunakan dengan mengintegrasikan STEM dalam berbagai mata pelajaran. STEM tidak hanya diajarkan sebagai mata pelajaran yang terpisah, tetapi juga diintegrasikan dalam berbagai mata pelajaran lain, seperti bahasa, seni, dan sosial secara kohesif. Pengintegrasian ini dapat dilakukan dengan merancang desain ataupun rancangan pembelajaran. Dalam penelitian yang dilakukan Oktapiani, Nida dkk. (A 6) dinyatakan bahwa desain pembelajaran berupa RPP ataupun modul ajar dengan model STEM yang mengintegrasikan beberapa mata pelajaran bersama-sama mampu meningkatkan keterampilan abad 21 yaitu 4 C (Critical thinking, Communication, Collaboration, dan Creativity) (Oktapiani & Hamdu Ghullam, 2020). Pendekatan STEM dapat diterapkan dalam berbagai disiplin ilmu, terutama sains dan matematika. Oleh karena itu, sudah saatnya pendekatan ini juga diterapkan dalam pembelajaran vokasi (teknik), sebagaimana penelitian yang

dilakukan Suwardi (Suwandi, 2021) (A 18).

2) Strategi selanjutnya adalah melaksanakan pembelajaran berbasis proyek (PjBM) dan masalah (PBL). Dalam pembelajaran ini siswa dilibatkan secara aktif dalam mengidentifikasi, menganalisis, dan menyelesaikan tantangan. Dengan begini siswa akan mengembangkan berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif. Hal ini dapat dilihat pada penelitian yang dilakukan oleh Phandini, I dkk. (A 1) yang menyatakan bahwa mengintegrasikan pendekatan PBL ke dalam E-modul dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa, dibuktikan dengan perbedaan signifikan pada hasil pretest dan posttest (Phandini et al., 2023). Hal serupa juga ditunjukkan dalam penelitian Adhelacahya, Kevin, dkk. (A 3) yang menyatakan bahwa modul berbasis PBL yang diintegrasikan dengan pendekatan STEM dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis (Adhelacahya et al., 2023). Hal ini didukung juga oleh penelitian Arwan W dkk. (A 19) yang menyatakan bahwa Pembelajaran berbasis proyek yang mengtegrasikan STEM memiliki pengaruh positif terhadap kemampuan berpikir kritis siswa SD. Melalui

pendekatan ini, kemampuan berpikir kritis siswa terstimulasi dan dilatih, sehingga mereka mampu mendefinisikan, merumuskan, berargumentasi, dan menyimpulkan dalam menyelesaikan masalah (Wiratman, A, Bungawati, 2023).

3) Strategi pengembangan lainnya adalah **Pendekatan berpusat pada siswa**. Dengan pembelajaran yang berpusat pada siswa, dapat memberdayakan siswa sebagai pusat pembelajaran dan mendorong peran aktif mereka. Guru bertindak sebagai fasilitator yang membimbing dan memfasilitasi proses pembelajaran serta mendorong siswa untuk mengeksplorasi, bertanya, dan menemukan solusi secara mandiri. pembelajaran dapat dikemas dengan penerapan model pembelajaran berbasis inkuiri STEM (based Inquiry learning) dan discovery. Yupani, E dkk (A4) dalam penelitiannya menyatakan bahwa penerapan model pembelajaran inkuiri berbasis STEM lebih efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan penguasaan konsep sains dibandingkan dengan model pembelajaran ekspositori (Yupani & Widana, 2023). Hal ini diperkuat dengan penelitian Nafiyanto, dkk (A 10) yang menyatakan bahwa e-modul

dinamika partikel berbasis STEM dengan model guided discovery learning menggunakan model 4D efektif meningkatkan kemampuan pemahaman konsep dan kolaborasi (Nafiyanto & Pebriana, 2023). Hal ini dapat dilihat juga dalam penelitian Meinarni, Welli (A 11) yang menyatakan implementasi STEM dalam pembelajaran sangat berguna. Pembelajaran dapat berpusat pada siswa. Mereka dapat mengeksplorasi kemampuannya dengan cara masing-masing. Selain itu bukan hanya aspek kognitif yang dikembangkan tetapi juga skill mereka dalam menghadapi masa mendatang (Meinarni, 2022).

4) **Pemanfaatan media berbasis teknologi digital dalam pembelajaran**. Penggunaan media pembelajaran berbasis digital merupakan salah satu strategi pengembangan kurikulum STEM. Hal ini dapat dilakukan dengan membuat E-LKPD, E-Modul dan buku digital berbasis STEM. Sebagaimana dalam penelitian yang dilakukan oleh Muninggar, Siti dkk.(A2) bahwa penggunaan modul pembelajaran STEM terbukti efektif. Modul ini memungkinkan guru menciptakan lingkungan belajar yang mendukung pengembangan keterampilan

metakognitif. (Muninggar et al., 2023). Penelitian lain juga menyatakan hal yang sama diantaranya yang dilakukan Adhelacahya, Kevin, dkk. (A 3) yang menggunakan modul elektronik terintegrasi STEM dalam pembelajaran fisika (Adhelacahya et al., 2023). Penggunaan e-modul berbasis STEM juga dilakukan oleh Nafiyanto dkk. (A 10), Fitriana, dkk. (A 14) menyatakan penerapan E-modul berbasis STEM memiliki dampak yang signifikan terhadap kreatifitas siswa (Fitriana & Novi Ratna Dewi, 2024). Penelitian yang dilakukan oleh Abdi dkk. (A16) juga menyatakan modul *Flipbook Digital* berbasis STEM pada materi sistem pencernaan manusia efektif meningkatkan literasi sains (Abdi et al., 2023). Selain penggunaan e-modul sebagai media pembelajaran, juga dilakukan dengan pembuatan E-LKPD yang

berbasis STEM. Hal ini dapat dilihat dalam penelitian yang dilakukan Linda, D dkk. (A 5) yang menyatakan bahwa Hasil belajar rendah karena siswa bosan dan kurang tertarik untuk belajar. Hasil wawancara menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kreatif siswa masih rendah karena mereka belum terbiasa dengan soal-soal yang sulit. Untuk

meningkatkan kemampuan ini, diperlukan materi yang melibatkan aktivitas siswa dan soal-soal menantang. Untuk itu dibuatlah E-LKPD berbasis STEM akan membantu kemampuan berpikir kreatif siswa dan ini berdampak efektif (Linda, D., Yusnaidar., Syahri.W., 2023). Penelitian lain dilakukan oleh Agustina, A dkk. (A 7) menyatakan bahwa pendekatan STEM yang dilengkapi dengan LKPD berbasis STEM merupakan salah satu metode yang dapat mendukung keterampilan 4 C (Agustina et al., 2021). Penelitian yang dilakukan Menza dkk. (A 13) menyatakan perlunya sumber belajar yang berupa e-LKPD yang interaktif dan terintegrasi STEM untuk meningkatkan pemahaman konsep dan keteampilan abad 21 sehingga dapat membantu peserta didik belajar dengan aktif dalam mengembangkan keterampilan komunikasi dengan baik (Hendri et al., 2022). Penelitian yang dilakukan Nabila dk. (A 15) juga menyatakan bahwa LKPD IPA berbasis STEM untuk materi bunyi dengan respon positif dari validator, peserta didik, dan guru serta layak diterapkan sebagai bahan ajar (Nabila Nur Annisa et al., 2023).

Selain E-modul dan E-LKPD, media dapat berupa buku saku digital. Sebagaimana disampaikan dalam penelitian Komarudin dkk (A 9) buku saku digital berbasis STEM sangat efektif digunakan sebagai media pembelajaran untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif (Komarudin et al., 2022).

5) Pengembangan Kompetensi abad 21. Keterampilan abad 21 adalah yang diperlukan untuk sukses di dunia yang semakin kompleks dan berubah dengan cepat. Keterampilan ini termasuk literasi digital, berpikir kritis, pemecahan masalah, kreatif, berkolaborasi, dan berkomunikasi (Anggreiny et al., 2023). Keterampilan abad 21 ini kita kenal 4 C yaitu, critical thinking (berpikir kritis), Communication (komunikasi), collaboration (kolaborasi), creativity (kreatif) juga dapat memecahkan masalah. Dalam penelitian Nofianti, Baiq A, dkk dinyatakan bahwa dalam pembelajaran STEM, siswa diajak untuk memahami konsep secara mendalam melalui kegiatan proyek yang mendorong eksplorasi aktif. Proses ini mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan analitis, serta meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi

siswa. Penerapan pendekatan STEM dalam mata pelajaran sains di Indonesia dapat dilakukan untuk mempersiapkan sumber daya manusia yang kompeten dalam menghadapi tantangan abad 21 dengan keterampilan 4C (berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi) (Novianti et al., 2023)(A 20). Dalam penelitian Anggraeny dkk. menyatakan bahwa meta-analisis pendekatan STEM memiliki ukuran efek yang sangat tinggi pada keterampilan abad 21, dengan rata-rata ukuran efek sebesar 1,6 untuk berpikir kreatif, 2,78 untuk berpikir kritis, 4,94 untuk komunikasi, dan 3,96 untuk kolaborasi. Hal ini menandakan bahwa pendekatan STEM sangat efisien untuk mengembangkan keterampilan tersebut (Anggreiny et al., 2023).

Dari beberapa penelitian yang dijadikan data sekunder tersebut, tantangan dan Solusi dalam pengembangan kurikulum berbasis STEM adalah 1) keterbatasan sumber daya, baik dalam segi anggaran, fasilitas, alat, bahan dan akses internet. Solusi yang dapat diterapkan menghadapi tantangan tersebut adalah meningkatkan alokasi dan investasi anggaran untuk menyediakan sumber

daya STEM yang memadai 2) kesiapan guru; guru belum memiliki pengetahuan dan keterampilan yang memadai dalam pendekatan STEM baik dalam mendesain pembelajaran, mengintegrasikan, maupun menggunakan media pembelajaran berbasis STEM. Banyak guru yang belum familiar dengan metode pengajaran interdisipliner dan integratif dalam STEM. Solusinya adalah memperkuat program pelatihan dan pengembangan profesional guru di bidang STEM. 3) minat dan motivasi siswa; tidak semua siswa memiliki minat yang tinggi terhadap pelajaran yang sifatnya teknis dan ilmiah. 4) Evaluasi dan penilaian; evaluasi dan penilaian dalam pendidikan STEM memerlukan pendekatan yang berbeda dibandingkan penilaian tradisional. Menilai keterampilan kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikasi membutuhkan alat dan metode yang tepat.

D. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan strategi pengembangan kurikulum berbasis STEM dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain; 1) integrasi interdisipliner 2) pembelajaran berbasis proyek dan

masalah, 3) pembelajaran berpusat pada siswa, 4) pemanfaatan media pembelajaran berbasis teknologi digital, 5) pengembangan kompetensi abad 21. Pengembangan kurikulum berbasis STEM memiliki potensi untuk meningkatkan kompetensi siswa di era digital, yaitu keterampilan abad 21, terutama dalam hal kemampuan pemecahan masalah, berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, komunikasi dan keterampilan teknis serta komputasi. Namun, implementasinya di negara berkembang seperti Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan, termasuk keterbatasan sumber daya, infrastruktur, dan pelatihan guru. Melalui pendekatan Systematic Literature Review (SLR), penelitian ini mengidentifikasi strategi-strategi efektif untuk mengatasi tantangan tersebut, seperti peningkatan pelatihan guru, pengembangan infrastruktur, dan integrasi teknologi dalam pembelajaran. Dengan demikian, penelitian ini memberikan rekomendasi praktis bagi pendidik dan pembuat kebijakan untuk mengimplementasikan kurikulum STEM yang lebih efektif dan relevan dengan kebutuhan era digital.

DAFTAR PUSTAKA

Abdi, A., Aristya, P. D., & Budiarmo, A.

- S. (2023). Pengembangan Modul Flipbook Digital Berbasis STEM Materi Sistem Pencernaan Manusia Untuk Meningkatkan Literasi Sains. *LENSA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 13(1), 57–66. <https://doi.org/10.24929/lensa.v13i1.294>
- Adhelacahya, K., Sukarmin, S., & Sarwanto, S. (2023). Impact of Problem-Based Learning Electronics Module Integrated with STEM on Students' Critical Thinking Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(7), 4869–4878. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i7.3931>
- Agustina, A., Rahayu, Y. S., & Yuliani, Y. (2021). The Effectiveness of SW (Student Worksheets) Based on STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) to Train Students' Creative Thinking Skills. *SEJ (Science Education Journal)*, 5(1), 1–18. <https://doi.org/10.21070/sej.v5i1.1346>
- Anggreiny, L. P., Limbong, E. E. S., & Simanjuntak, A. (2023). Meta Analysis of the Effectiveness of the STEM Approach to 21st Century Skills in High School Physics Learning. *Indonesian Journal of Advanced Research*, 2(12), 1639–1652. <https://doi.org/10.55927/ijar.v2i12.7319>
- Dewi, S, A, P., Wibowo, F, C., & Budi, E. (2020). Penerapan Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathenatics0 Dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Dan Hasil Belajar Siswa Pada Materi Gaya, Kecepatan, dan Tekanan. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 2(1), 501–508. <http://proceedings.upi.edu/index.php/sinafi>
- Efwinda, S., Qadar, R., Rananda, N., Maburrah, F. F., & Setiyawan, R. (2021). Pelatihan Pembelajaran STEAM bagi Guru IPA SMP di Kalimantan Timur. *Bubungan Tinggi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(4), 447. <https://doi.org/10.20527/btjpm.v3i4.4074>
- Fitriana, W. N. F., & Novi Ratna Dewi. (2024). the Influence of E-Module With the Stem Approach on Students' Motivation and Creativity in Smp Negeri 10 Tegal. *PSEJ (Pancasakti Science Education Journal)*, 8(2), 1–10.

- <https://doi.org/10.24905/psej.v8i2.197>
- Hendri, M., Rasmi, D. P., & Sastra, A. (2022). Needs Analysis of Developing Interactive Electronic Worksheets for Students Integrated by STEM in Senior High School 15 Kerinci. *Jurnal Geliga Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 10(1), 74. <https://doi.org/10.31258/jgs.10.1.74-81>
- Kitchenham, B. (2021). Kitchenham , B .: Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in software engineering . EBSE Technical Report EBSE-2007-01 Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. *Icse, January 2007*, 1–57. https://www.researchgate.net/publication/258968007_Kitchenham_B_Guidelines_for_performing_Systematic_Literature_Reviews_in_software_engineering_EBSE_Technical_Report_EBSE-2007-01
- Komarudin, K., Nabilla, G. A. F., Bahri, S., Puspita, L., & Afandi, M. (2022). Pengembangan Buku Saku Digital Berbasis STEM Berbantuan Appypie: Studi Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa. *Jurnal Tadris Matematika*, 5(2), 257–272. <https://doi.org/10.21274/jtm.2022.5.2.257-272>
- Linda, D., Yusnaidar., Syahri.W., & T. S. (2023). Analisis Kebutuhan Pengembangan e -LKPD Berbasis STEM-PjBL pada Materi Koloid untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa analysis of the need for the development of STEM-PjBL-based e-LKPD on colloidal materials to improve students ' creative thin. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, XI(1), 75–83. <https://doi.org/https://doi.org/10.21831/jpms.v11i.59399>
- Meinarni, W. (2022). Implementasi Model Pembelajaran STEM Dalam Pembelajaran Matematika di SD. *JEMARI (Jurnal Edukasi Madrasah Ibtidaiyah)*, 4(2), 109–114. <https://doi.org/10.30599/jemari.v4i2.1725>
- Meyanti, I. G. A. S., & Lasmawan, I. W. (2023). Tuntutan Digital Literasi pada Kurikulum Pendidikan IPS. *Media Komunikasi FPIPS*, 22(2), 115–122. <https://doi.org/10.23887/mkfis.v22i2.62514>
-

- Muninggar, S., Sarwanto, & Ramli, M. (2023). The Effectiveness of Learning Progression-based Biotechnology STEM Module to Improve Metacognitive Skills. *Journal of Education Research and Evaluation*, 7(4), 684–691. <https://doi.org/10.23887/jere.v7i4.67502>
- Nabila Nur Annisa, Erna Suhartini, Muhammad Ramli Buhari, & Andi Asrafiani Arafah. (2023). Pengembangan LKPD IPA Berbasis STEM pada Tema 1 Indahnya Kebersamaan Materi Bunyi Kelas IV Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 13(1), 170–176. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i1.800>
- Nafiyanto, N. R., & Pebriana, I. N. (2023). Pengembangan E-Modul Dinamika Partikel Model Guided Discovery Learning Berbasis Stem Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Dan Kemampuan Kolaborasi Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 11(2), 28–37. <https://doi.org/10.21831/jpms.v11i2.65943>
- Novianti, B. A., Nitiasih, P. K., & Riastini, P. N. (2023). Study Of STEM-Based Learning Against 4C Skills (Critical, Creative, Communication, and Collaboration) In Science. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 8(3), 1917–1921. <https://doi.org/10.29303/jipp.v8i3.1455>
- Oktapiani, N., & Hamdu Ghullam. (2020). Desain Pemb STEAM berdasarkan Kemampuan 4C di Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, VII(2), 99–108. <https://jurnal.unissula.ac.id/index.php/pendas/article/view/10341>
- Phandini, I., Miharja, F. J., Husamah, H., Fauzi, A., & Nuryady, M. M. (2023). STEM-PBL integrative electronic module: Is that effective in improving students' critical thinking skills? *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(2), 118–126. <https://doi.org/10.21831/jipi.v9i2.60871>
- Suwandi, S. (2021). Stem (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Inovasi Dalam Pembelajaran Vokasi Era Merdeka Belajar Abad 21. *PAEDAGOGY: Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Psikologi*, 1(1), 40–48. <https://doi.org/10.51878/paedagog>

y.v1i1.337

Widya, Rifandi, R., & Laila Rahmi, Y. (2019). STEM education to fulfil the 21st century demand: A literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1317(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012208>

Wiratman, A, Bungawati, E. R. (2023). Project-Based Learning Integrated With Science Technology, Engineering, And Mathematics (STEM) To The Critical Thinking Skills Of Students In Elementary School. *Sittah: Journal Of Primary Education*, 4(2), 167–180.
<https://jurnalfaktarbiyah.iainkediri.ac.id/index.php/sittah>

Yupani, E., & Widana, I. W. (2023). The impacts of the Stem-based inquiry learning models on critical thinking and concept mastery. *Indonesian Research Journal in Education*, 7(1), 171–184.
<https://doi.org/10.22437/irje>