



Analisis Implementasi Bahan Ajar Tik Terintegrasi Pjbl-Stem Terhadap Berpikir Kritis Dan Literasi Sains: Systematic Literature Review

Andreas Situmorang & Trimurtini

Program Studi Pengembangan Kurikulum, Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi,
Universitas Negeri Semarang

Correspondence: E-mail: andreas.situmorang36@gmail.com

ABSTRACT	ARTICLE INFO
<p>This study is a Systematic Literature Review (SLR) that aims to: (1) analyze the characteristics of ICT-based teaching materials integrated with the PjBL-STEM model in science learning; (2) describe the implementation of ICT-based PjBL-STEM teaching materials in improving students' critical thinking skills; and (3) examine the contribution of ICT-based PjBL-STEM teaching materials to students' science literacy. The research employed a qualitative approach using the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) framework. Data were obtained from twelve indexed research articles (Scopus and SINTA) published between 2021-2026, retrieved through Harzing's Publish or Perish. The results revealed that: (1) ICT-based PjBL-STEM teaching materials generally take the form of interactive flipbook e-modules, digital e-books, e-worksheets, instructional videos, and platform-based digital media enriched with multimedia components; (2) implementation of ICT-PjBL-STEM teaching materials significantly improved students' critical thinking skills with N-gain scores ranging from moderate to high category (0.41-0.74); and (3) ICT-PjBL-STEM teaching materials positively contributed to science literacy across five dimensions: general scientific ideas, characteristics of science, science in context, HOTS, and affective aspects. The review indicates limited evidence regarding studies that simultaneously integrate ICT-based teaching materials, PjBL-STEM, critical thinking, and science literacy within one validated science learning product. This review is limited to indexed Scopus and SINTA articles published between 2021-2026. Findings may inform future development of integrated digital teaching materials in science learning.</p>	<p>Article History: <i>Submitted/Received 12 April 2025</i> <i>First Revised 26 Mei 2026</i> <i>Accepted 15 June 2026</i> <i>First Available online 29 June 2026</i> <i>Publication Date 29 June 2026</i></p> <p>Keyword: <i>ICT Teaching Materials, PjBL-STEM, Critical Thinking, Science Literacy, Systematic Literature Review</i></p>
<p>ABSTRAK</p>	

Penelitian ini merupakan Systematic Literature Review (SLR) yang bertujuan untuk: (1) menganalisis karakteristik bahan ajar berbasis TIK yang terintegrasi model PjBL-STEM dalam pembelajaran IPA; (2) mendeskripsikan implementasi bahan ajar berbasis TIK terintegrasi PjBL-STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik; dan (3) mengkaji kontribusi penggunaan bahan ajar berbasis TIK terintegrasi PjBL-STEM terhadap literasi sains peserta didik. Metode penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan kerangka PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Sumber data diperoleh dari dua belas artikel penelitian terindeks Scopus dan SINTA yang dipublikasikan pada rentang tahun 2021-2026, ditelusuri melalui aplikasi Harzing's Publish or Perish. Hasil analisis menunjukkan bahwa: (1) Bahan ajar berbasis TIK terintegrasi PjBL-STEM umumnya berbentuk e-modul flipbook, e-book digital, e-LKPD, video pembelajaran, dan media digital berbasis platform yang dilengkapi komponen multimedia interaktif; (2) Implementasi bahan ajar berbasis TIK-PjBL-STEM terbukti efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik dengan nilai N-gain pada kategori sedang hingga tinggi (0,41-0,74); dan (3) Bahan ajar berbasis TIK-PjBL-STEM berkontribusi positif terhadap literasi sains melalui pengembangan lima aspek: general scientific ideas, karakteristik sains, sains dalam konteks, HOTS, dan aspek afektif. Tinjauan ini mengindikasikan bukti terbatas mengenai studi yang secara bersamaan mengintegrasikan bahan ajar berbasis TIK, PjBL-STEM, berpikir kritis, dan literasi sains dalam satu produk pembelajaran sains yang tervalidasi. Tinjauan ini terbatas pada artikel terindeks Scopus dan SINTA yang dipublikasikan pada tahun 2021–2026. Temuan dapat menginformasikan pengembangan bahan ajar digital terintegrasi di masa depan dalam pembelajaran sains.

© 2025 Teknologi Pendidikan UPI

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada abad ke-21 menuntut sistem pendidikan untuk menghasilkan peserta didik yang tidak hanya menguasai pengetahuan faktual, tetapi juga memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skills/HOTS*), seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, dan literasi sains (Brookhart, 2010). Keterampilan tersebut menjadi kompetensi esensial dalam menghadapi tantangan masyarakat berbasis pengetahuan dan perkembangan teknologi yang semakin kompleks (Trilling et al., 2009). Dalam konteks pembelajaran sains, kemampuan berpikir kritis berperan penting dalam membantu peserta didik menganalisis informasi, mengevaluasi bukti ilmiah, dan mengambil keputusan secara rasional (Facione, 2011; Ennis, 2011). Sementara itu, literasi sains mencerminkan kemampuan individu dalam menggunakan konsep dan proses sains untuk memahami fenomena alam serta menyelesaikan masalah kehidupan sehari-hari berdasarkan bukti ilmiah (OECD, 2023). Oleh karena itu, pembelajaran sains perlu dirancang secara inovatif untuk mengembangkan kedua kompetensi tersebut secara terpadu.

Meskipun demikian, capaian literasi sains peserta didik Indonesia masih tergolong rendah. Hasil Programme for International Student Assessment (PISA) menunjukkan bahwa kemampuan literasi sains peserta didik Indonesia masih berada di bawah rata-rata negara OECD (OECD, 2023). Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa sebagian besar peserta didik belum mampu menginterpretasikan data ilmiah, berpikir kritis, dan menerapkan konsep sains dalam konteks nyata. Rendahnya capaian tersebut salah satunya disebabkan oleh proses pembelajaran yang masih didominasi pendekatan *teacher-centered* dan berorientasi pada hafalan konsep, sehingga kurang memberikan ruang bagi peserta didik untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Selain itu, bahan ajar yang digunakan di sekolah umumnya masih berupa buku teks cetak yang kurang interaktif dan belum terintegrasi secara optimal dengan teknologi informasi dan komunikasi (TIK). Padahal, integrasi TIK dalam pembelajaran mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih kontekstual, interaktif, dan bermakna melalui multimedia, simulasi, serta sumber belajar digital (Mayer, 2009).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan TIK dalam pembelajaran berkontribusi positif terhadap peningkatan hasil belajar siswa. Fitriana Fasza S dan Trimurtini (2025) membuktikan bahwa media digital Paprika (Papan Pintar Interaktif Perkalian) mampu meningkatkan hasil belajar, motivasi, dan keterlibatan siswa melalui visualisasi dan interaksi langsung. Selanjutnya, Trimurtini et al. (2023) menegaskan bahwa penggunaan TIK yang dipadukan dengan *scaffolding* berbasis *learning trajectory* dapat membantu siswa mencapai pemahaman yang lebih mendalam melalui pembelajaran yang terstruktur dan adaptif. Agung et al. (2022) membuktikan bahwa e-modul berbasis STEM-PjBL yang dikembangkan menggunakan Flipbook Builder Professional mampu meningkatkan hasil belajar secara efektif dengan *N-gain* 0,74 (kategori tinggi). Demikian pula, Haryanto et al. (2023) menegaskan bahwa flipbook berbasis PjBL yang dikembangkan melalui Canva Pro dapat mendorong kreativitas dan literasi sains siswa secara lebih bermakna.

Salah satu model pembelajaran yang relevan dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21 adalah Project Based Learning (PjBL). Model ini menempatkan peserta didik sebagai pusat pembelajaran melalui aktivitas perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi proyek yang berkaitan dengan permasalahan autentik (Thomas, 2000; Bell, 2010). PjBL dinilai mampu melatih kemampuan berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi, dan pemecahan masalah. Efektivitas PjBL semakin meningkat ketika diintegrasikan dengan pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics), karena pendekatan ini menekankan keterpaduan lintas disiplin dalam menyelesaikan masalah nyata melalui proses desain, eksperimen, dan evaluasi (Bybee, 2013). Penelitian Herlita et al. (2023) menunjukkan bahwa

penerapan model PjBL-STEM lebih efektif dibandingkan PjBL biasa dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMP. Demikian pula, penelitian Zahirah et al. (2023) membuktikan bahwa STEM-PjBL dapat meningkatkan literasi sains siswa SMA secara signifikan melalui pendekatan penelitian tindakan kelas.

Meskipun berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas PjBL, STEM, dan pemanfaatan TIK secara parsial, masih terdapat keterbatasan dalam pengembangan bahan ajar berbasis TIK yang mengintegrasikan seluruh tahapan PjBL-STEM secara sistematis dan tervalidasi. Penelitian sebelumnya sebagian besar mengkaji TIK, PjBL-STEM, atau literasi sains secara terpisah. Namun, penelitian yang mensintesis semua variabel dalam desain materi pengajaran digital masih terbatas.

Beberapa penelitian sebelumnya lebih berfokus pada implementasi model pembelajaran atau pengembangan media digital tanpa mengintegrasikan seluruh aspek penelitian secara holistik. Selain itu, banyak studi tersebar di berbagai jurnal dan hasil belum terintegrasi dengan baik, sehingga diperlukan sintesis sistematis untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai karakteristik, implementasi, dan kontribusi bahan ajar TIK berbasis PjBL-STEM terhadap pengembangan kemampuan berpikir kritis dan literasi sains.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk: (1) menganalisis karakteristik bahan ajar berbasis TIK yang terintegrasi model PjBL-STEM dalam pembelajaran IPA; (2) mendeskripsikan implementasi bahan ajar berbasis TIK terintegrasi PjBL-STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik; dan (3) mengkaji kontribusi penggunaan bahan ajar berbasis TIK terintegrasi PjBL-STEM terhadap literasi sains peserta didik. Systematic Literature Review dipilih sebagai metode penelitian karena memungkinkan integrasi temuan dari berbagai studi melalui prosedur yang sistematis, transparan, dan dapat direplikasi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan Systematic Literature Review (SLR). Panduan yang digunakan adalah PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) untuk memastikan transparansi dan kualitas proses review.

SLR merupakan metode kajian pustaka yang dilaksanakan secara sistematis melalui tahapan identifikasi, evaluasi, dan sintesis terhadap berbagai penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian (Kitchenham, 2004). Pendekatan ini memungkinkan peneliti memperoleh gambaran informasi yang lebih komprehensif, objektif, dan seimbang dari hasil penelitian sebelumnya, sekaligus mengidentifikasi *research gap* yang masih belum terjawab dalam literatur yang ada (Grant, M. J., S Booth, 2009)

Sumber data diperoleh dari dua belas artikel penelitian yang terindeks pada basis data Scopus dan SINTA. Proses penelusuran literatur dilakukan pada tanggal 12 Mei 2026 Pencarian dilakukan melalui aplikasi Harzing's Publish or Perish menggunakan Google Scholar dan Scopus databases untuk memastikan cakupan yang luas. Rentang tahun publikasi adalah 2021-2026 untuk mendapatkan penelitian terkini yang relevan dengan konteks pembelajaran abad ke-21.

String pencarian yang digunakan menggabungkan istilah kunci dengan operator Boolean sebagai berikut: ("ICT teaching materials" OR "digital teaching materials") AND ("PjBL-STEM") AND ("critical thinking" OR "science literacy")

Kriteria inklusi: (1) artikel empiris yang melaporkan penelitian original; (2) fokus pada implementasi bahan ajar berbasis TIK dengan integrasi model PjBL-STEM; (3) melaporkan dampak terhadap kemampuan berpikir kritis dan/atau literasi sains; (4) dipublikasikan dalam bahasa Inggris atau bahasa Indonesia; dan (5) tersedia fulltext.

Kriteria eksklusi: (1) artikel adalah tinjauan literatur atau opini; (2) tidak menyediakan data kuantitatif atau deskripsi implementasi yang jelas; dan (3) Jumlah sitasi dipertimbangkan sebagai informasi pendukung namun tidak sebagai kriteria eksklusi utama untuk menghindari bias terhadap artikel baru.

Penilaian kualitas metodologi artikel dilakukan menggunakan Critical Appraisal Skills Programme (CASP) untuk studi kualitatif dan instrumen evaluasi terstruktur untuk studi kuantitatif. Setiap artikel dievaluasi berdasarkan: (1) kejelasan tujuan penelitian; (2) desain metodologi yang sesuai; (3) deskripsi partisipan dan konteks; (4) pengumpulan dan analisis data yang transparan; dan (5) validitas dan reliabilitas temuan.

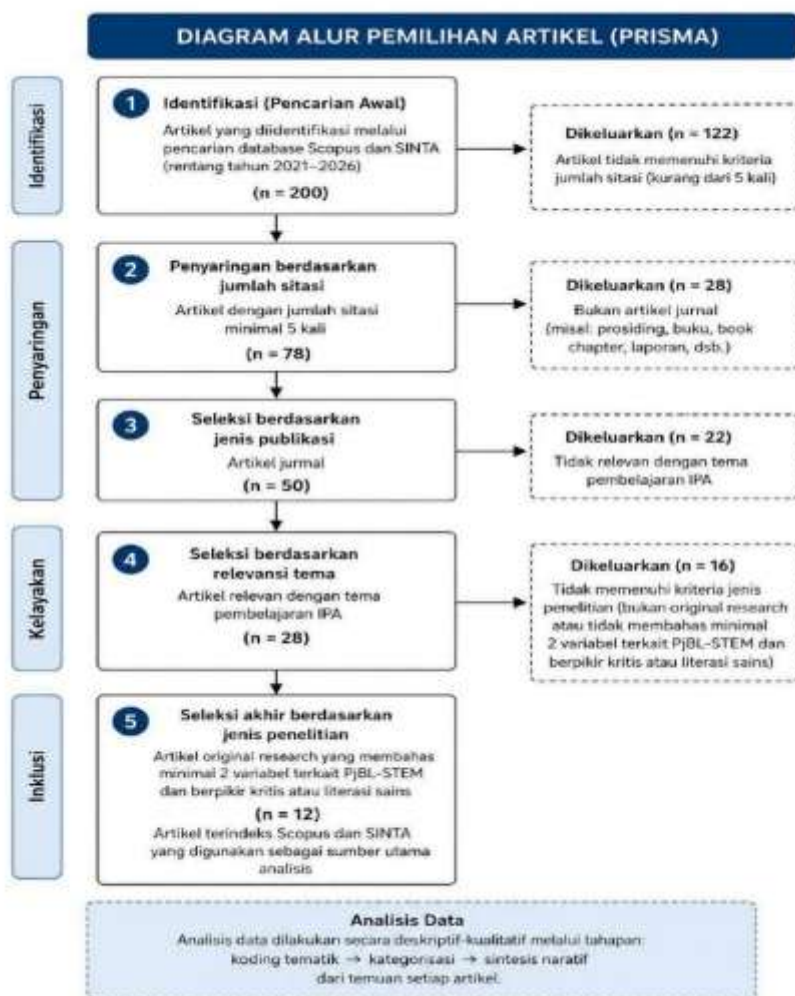
Data dari setiap artikel diekstraksi ke dalam format terstruktur mencakup: (1) karakteristik studi (judul, tahun, penulis); (2) desain penelitian dan jumlah partisipan; (3) karakteristik bahan ajar TIK-PjBL-STEM; (4) implementasi dan durasi intervensi; (5) instrumen dan hasil pengukuran berpikir kritis; (6) hasil pengukuran literasi sains; dan (7) temuan utama. Analisis data menggunakan pendekatan tematik dengan langkah-langkah: (1) identifikasi tema-tema utama dari setiap artikel; (2) koding tematik dilakukan oleh dua peneliti independen untuk memastikan validitas; (3) sintesis lintas studi untuk mengidentifikasi pola, kesamaan, dan perbedaan hasil; serta (4) verifikasi melalui diskusi antar peneliti untuk mencapai konsensus.

Dalam proses seleksi artikel, peneliti menetapkan sejumlah kriteria inklusi agar sumber yang digunakan relevan, mutakhir, dan sesuai dengan tujuan penelitian, sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Inklusi Seleksi Artikel

NO.	KRITERIA INKLUSI	DESKRIPSI
1	Tahun Publikasi	Artikel dipublikasikan dalam jurnal ilmiah nasional atau internasional terindeks pada rentang tahun 2021-2026.
2	Topik Penelitian	Artikel membahas pembelajaran IPA berbasis TIK dengan Model Pembelajaran PjBL-STEM, Berpikir Kritis, dan/atau Literasi Sains.
3	Jenis Artikel	Artikel berupa original research article yang relevan dengan topik penelitian.
4	Ketersediaan Teks	Artikel tersedia dalam bentuk full text atau open access.
5	Indeks Jurnal	Jurnal memiliki indeks Scopus (Q2-Q3) atau SINTA (S2-S4).
6	Bahasa Artikel	Artikel tersedia dalam bahasa Inggris atau Bahasa Indonesia.

Tahapan seleksi artikel menggunakan alur PRISMA dilakukan sebagai berikut: (1) pencarian awal menghasilkan 200 artikel sesuai rentang tahun 2021-2026; (2) penyaringan berdasarkan jumlah sitasi (minimal 5 kali) menghasilkan 78 artikel; (3) seleksi berdasarkan jenis publikasi menghasilkan 50 artikel jurnal; (4) seleksi berdasarkan relevansi tema pembelajaran IPA menghasilkan 28 artikel; dan (5) seleksi akhir berdasarkan jenis penelitian (original research, membahas minimal 2 variabel terkait PjBL-STEM dan berpikir kritis atau literasi sains). menghasilkan 12 artikel terindeks Scopus dan SINTA yang digunakan sebagai sumber utama analisis. Analisis data dilakukan



secara deskriptif-kualitatif melalui tahapan koding tematik, kategorisasi, dan sintesis naratif dari temuan setiap artikel.

Gambar 1. Diagram Alur Pemilihan Artikel (PRISMA).

3. HASIL PENELITIAN

Berdasarkan proses seleksi sistematis dengan kerangka PRISMA, diperoleh dua belas artikel penelitian yang memenuhi kriteria inklusi. Dari dua belas artikel tersebut, sebanyak 5 artikel terindeks Scopus Q2-Q4 (42%) dan 7 artikel terindeks SINTA S2-S4 (58%). Dari segi jenis penelitian yang digunakan, dominasi terbesar adalah Research and Development (RSD) sebanyak 5 artikel (41,67%), diikuti penelitian kualitatif deskriptif/studi kasus sebanyak 3 artikel (25%), penelitian kuantitatif survei sebanyak 2 artikel (16,67%), penelitian tindakan kelas (PTK) sebanyak 1 artikel (8,33%), dan penelitian kuantitatif quasi eksperimen sebanyak 1 artikel (8,33%). Berdasarkan ketersediaan bahan ajar TIK, sebanyak 11 artikel (91,67%) menggunakan atau membahas bahan ajar berbasis TIK, sementara 1 artikel (8,33%) menggunakan bahan ajar konvensional tanpa TIK (Herlita et al., 2023). Dua belas artikel tersebut dianalisis berdasarkan identitas peneliti, judul, jenis penelitian, ketersediaan bahan ajar berbasis TIK, bentuk/jenis TIK yang digunakan, dan hasil penelitian. Rekapitulasi hasil analisis literatur disajikan secara lengkap pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Analisis 12 Artikel Penelitian Terkait Bahan Ajar TIK Terintegrasi PjBL-STEM

N o	Peneliti & Tahun (Jurnal / Indeks)	Judul Penelitian	Jenis Penelitian	Ada Baha n Ajar TIK	Bentuk Bahan Ajar TIK / Jenis TIK	Hasil Penelitian (Ringkasan)
1	Herlita et al., (2023)	The Effectiveness of the PjBL-STEM Model on Students' Critical Thinking Ability in Science Learning	Kuantitatif - Quasi Eksperimen	Tidak	LKS berbasis tahapan PjBL-STEM (bahan ajar cetak)	Model PjBL-STEM terbukti lebih efektif daripada PjBL biasa. N-Gain eksperimen 0,417 (sedang) vs kontrol 0,246 (rendah). t-hitung > t-tabel (p = 0,000).
2	Muskania et al., (2024)	Teacher's Perspective about Digital STEM-PjBL Teaching Material Based on Local Wisdom to Improve Scientific Literacy	Kuantitatif - Survei (Deskriptif)	Ya	Bahan ajar digital (e-book) berbasis STEM-PjBL (teks, audio, video, worksheet)	100% guru setuju bahan ajar digital STEM-PjBL sangat dibutuhkan. Hanya 12,87% guru yang telah menggunakan bahan ajar digital.
3	Agung et	E-Modul IPA	R&D -	Ya	E-Modul STEM-	E-modul sangat

No	Peneliti & Tahun (Jurnal / Indeks)	Judul Penelitian	Jenis Penelitian	Ada Bahan Ajar TIK	Bentuk Bahan Ajar TIK / Jenis TIK	Hasil Penelitian (Ringkasan)
	al., (2022)	dengan Model STEM-PjBL Berorientasi Pendidikan Karakter untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa	Model 4D		PjBL dengan Flipbook Builder Professional; video, audio, animasi, kuis interaktif	valid (materi KVG = 1,00; media = 94,72). N-gain = 0,74 (tinggi); ketuntasan 98,53%.
4	Asri et al., (2024)	Pengembangan E-Modul IPAS Berbasis Problem Based Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SD	R&D - Model 4D (tanpa Diseminat e)	Ya	E-Modul IPAS interaktif berbasis PBL (Heyzine Flipbook); video, audio, game edukasi	E-modul sangat valid (Aiken V = 0,88). N-Gain eksperimen 0,72 (tinggi) vs kontrol 0,45 (sedang).
5	Meri Tarisna et al., (2023)	Efektifitas E-LKPD Berbasis Project Based Learning pada Muatan Pembelajaran IPA di Kelas V Sekolah Dasar	R&D - Model ADDIE	Ya	E-LKPD berbasis PjBL (Liveworksheet); interaktif dan dapat diakses online	Validitas ahli 95,83%. Kepraktisan guru 94,61%. Rata-rata meningkat dari 46,52 menjadi 89,35.
6	Domenici, (2022)	STEAM Project-Based Learning Activities at the Science Museum as an Effective Training for Future Chemistry Teachers	Kualitatif-Deskriptif - Studi Kasus	Ya	Video interaktif, web interaktif, video sains, platform e-learning Moodle	Rata-rata nilai ujian >27,75/30. 92% mahasiswa puas, 83% lebih memahami metode pengajaran.
7	Astutik et al., (2024)	Development of PjBL-STEM	R&D - Model	Ya	E-book matematika	Validasi ahli materi 86% dan

N o	Peneliti & Tahun (Jurnal / Indeks)	Judul Penelitian	Jenis Penelitian	Ada Baha n Ajar TIK	Bentuk Bahan Ajar TIK / Jenis TIK	Hasil Penelitian (Ringkasan)
		based E- books Assisted by Geometry Calculator to Foster Students' Critical Thinking Ability	ADDIE		berbasis PjBL- STEM berbantuan aplikasi Android Geometry Calculator	media 92%. N- Gain eksperimen 62,80% (cukup efektif) vs kontrol 28,72%.
8	Putra et al., (2023)	Rekonstruksi Video Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) Berbasis Pendekatan STEM	R&D - Model Borg and Gall (7 tahap)	Ya	Video pembelajaran berbasis PjBL- STEM; konten Hukum Kekekalan Energi Mekanik	Kelayakan produk 96,11% (sangat layak). Respon siswa 89,45% (sangat menarik).
9	Haryanto et al., (2023)	Flipbook- Based Project-Based Learning: An Opportunity to Improve Science Literacy	Kualitatif Deskriptif - Studi Pendahulua n	Ya	Flipbook digital berbasis PjBL menggunakan Canva Pro; teks, gambar, video, animasi	Flipbook berbasis PjBL (Canva Pro) direkomendasik an untuk meningkatkan literasi sains SD.
10	Sujud et al., (2024)	Development of Science Literacy Through Group Choice STEM-PjBL Projects Integrated with Matter State Changes	Kualitatif - Educational Experiment	Ya	Modul STEM- PjBL dengan proyektor; worksheet; bahan audio- visual; platform internet	STEM-PjBL mengembangka n literasi sains pada 5 aspek: general scientific ideas, karakteristik sains, sains dalam konteks, HOTS, dan afektif.
11	Trichkova - Kashamov a et al., (2024)	Criteria and Approaches for Optimization of Innovative Methods for	Kuantitatif- Deskriptif - Survei & Analisis Multi- Kriteria	Ya	Teknologi digital STEM: digital classrooms, BYOD, simulasi komputer,	PjBL, inquiry- based learning, digital classrooms, gamification, dan simulasi

N o	Peneliti & Tahun (Jurnal / Indeks)	Judul Penelitian	Jenis Penelitian	Ada Baha n Ajar TIK	Bentuk Bahan Ajar TIK / Jenis TIK	Hasil Penelitian (Ringkasan)
		STEM Education			gamifikasi, platform e- learning	komputer sebagai pendekatan inovatif STEM.
12	Zaida Ilma et al., (2024)	STEM-Project based Learning in Physics Concept of Measurement to Enhance High School Students' Scientific Literacy	Penelitian Tindakan Kelas (PTK) - Kemmis & McTaggart (2 siklus)	Ya	Media video pembelajaran; Canva (poster digital); worksheet; platform internet untuk riset proyek	N-Gain literasi sains: Siklus 1 = 0,48 (sedang), Siklus 2 = 0,63 (sedang). Ketuntasan klasikal Siklus 2 = 90,90%.

Berdasarkan table 2 di atas, teridentifikasi bahwa dari 12 artikel yang dianalisis, 11 artikel (91,67%) menggunakan atau membahas bahan ajar berbasis TIK, sementara 1 artikel (8,33%) tidak menggunakannya. Jenis penelitian yang paling dominan adalah Research and Development (RSD) sebanyak 5 artikel (41,67%), yang mencerminkan kecenderungan para peneliti untuk mengembangkan produk bahan ajar digital yang tervalidasi. Model pengembangan yang digunakan bervariasi, meliputi Model 4D (2 artikel), Model ADDIE (2 artikel), dan Borg S Gall (1 artikel). Jenis TIK yang paling banyak digunakan meliputi e-modul berbasis flipbook (Flipbook Builder Pro, Heyzine Flipbook, Canva Pro), e-book digital, e-LKPD berbasis Liveworksheet, video pembelajaran berbasis animasi, dan platform e-learning seperti Moodle.

4. PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Bahan Ajar Berbasis TIK Terintegrasi PjBL-STEM dalam Pembelajaran IPA

Hasil analisis terhadap dua belas artikel penelitian mengungkapkan bahwa bahan ajar berbasis TIK terintegrasi PjBL-STEM dalam pembelajaran IPA hadir dalam berbagai format digital yang kaya akan komponen multimedia. Bentuk yang paling dominan adalah e-modul interaktif berbasis flipbook yang dikembangkan menggunakan platform seperti Flipbook Builder Pro (Agung et al., 2022), Heyzine Flipbook (Asri et al., 2024), dan Canva Pro (Haryanto et al., 2024). Selain itu, ditemukan pula bahan ajar berupa e-book digital berbasis PjBL-STEM yang dilengkapi aplikasi pendukung seperti Geometry Calculator (Astutik et al., 2024), e-LKPD berbasis Liveworksheet (Tarisna et al., 2023), video pembelajaran berbasis animasi dan grafis STEM-PjBL (Putra et al., 2023), serta platform e-learning Moodle yang digunakan dalam konteks pelatihan guru pra-jabatan (Domenici, 2022).

Karakteristik utama bahan ajar berbasis TIK terintegrasi PjBL-STEM yang teridentifikasi dari kajian literatur mencakup empat dimensi utama. Pertama, dimensi interaktivitas, di mana seluruh bahan ajar berbasis TIK yang ditemukan dilengkapi dengan kuis interaktif, latihan soal digital, dan umpan balik langsung yang memungkinkan peserta didik terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran (Agung et al., 2022; Asri et al., 2024; Tarisna et al., 2023). Kedua, dimensi multimedia, di mana bahan ajar mengintegrasikan teks, gambar, video, animasi, dan audio secara terpadu sehingga mendukung gaya belajar yang beragam (Mayer, 2009). Ketiga, dimensi kontekstualitas, di mana konten bahan ajar dirancang berbasis masalah dan proyek nyata sesuai sintaks PjBL-STEM, seperti tahapan reflection, research, discovery, application, dan communication (Sujud et al., 2024). Keempat, dimensi aksesibilitas, di mana sebagian besar bahan ajar dapat diakses secara online melalui perangkat digital, mendukung pembelajaran fleksibel di luar jam sekolah.

Muskania et al. (2024) mencatat bahwa meskipun kebutuhan terhadap bahan ajar digital STEM-PjBL sangat tinggi (100% guru setuju), penggunaan e-book di sekolah masih sangat terbatas (12,87%), yang menunjukkan bahwa gap antara kebutuhan dan implementasi nyata masih signifikan. Temuan serupa juga diperkuat oleh Trichkova-Kashamova et al. (2024) yang mengidentifikasi bahwa integrasi teknologi digital dalam pembelajaran STEM – meliputi *digital classrooms*, BYOD, gamifikasi, simulasi komputer, dan platform *blended learning* – merupakan faktor kritis dalam mengoptimalkan efektivitas metode pembelajaran STEM inovatif. Hal ini sekaligus menegaskan urgensi pengembangan bahan ajar berbasis TIK yang tidak hanya valid secara konten, tetapi juga praktis digunakan oleh guru dan peserta didik dalam konteks pembelajaran sehari-hari.

Secara keseluruhan, karakteristik bahan ajar berbasis TIK terintegrasi PjBL-STEM yang teridentifikasi dari literatur mencerminkan prinsip-prinsip desain pembelajaran abad ke-21, yakni interaktif, berbasis proyek autentik, lintas disiplin ilmu, dan memanfaatkan teknologi digital secara bermakna (Bybee, 2013; Trilling S Fadel, 2009). Namun demikian, belum ditemukan satu pun bahan ajar yang secara eksplisit dan sistematis mengintegrasikan kelima komponen sekaligus: TIK, PjBL, STEM, berpikir kritis, dan literasi sains dalam satu produk tervalidasi untuk pembelajaran IPA. Ini merupakan *research gap* yang perlu dijawab melalui penelitian pengembangan selanjutnya.

4.2 Implementasi Bahan Ajar Berbasis TIK Terintegrasi PjBL-STEM dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik

Temuan dari kajian literatur secara konsisten menunjukkan bahwa implementasi bahan ajar berbasis TIK yang terintegrasi dengan model PjBL-STEM memberikan dampak positif yang signifikan terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Asri et al. (2024) melaporkan bahwa e-modul berbasis PBL pada platform Heyzine Flipbook mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SD dengan nilai N-gain sebesar 0,72 (kategori tinggi) pada kelas eksperimen, berbanding jauh dengan kelas kontrol yang hanya mencapai N-gain 0,45 (kategori sedang). Demikian pula, Astutik et al. (2024) menemukan bahwa e-book PjBL-STEM berbantuan Geometry Calculator menghasilkan N-gain berpikir kritis sebesar 62,80% pada kelas eksperimen, lebih dari dua kali lipat dibandingkan kelas kontrol yang hanya 28,72%. Sementara itu, Agung et al. (2022) membuktikan efektivitas tertinggi dengan N-gain 0,74 (kategori tinggi) melalui e-modul flipbook STEM-PjBL yang dilengkapi animasi, video, audio, dan kuis interaktif.

Bahkan pada penelitian yang tidak menggunakan bahan ajar berbasis TIK secara penuh, seperti Herlita et al. (2023) yang hanya menggunakan LKS konvensional, model PjBL-STEM tetap terbukti lebih efektif dibandingkan PjBL biasa dalam meningkatkan berpikir kritis (N-gain eksperimen 0,417 vs kontrol 0,246). Hal ini mengindikasikan bahwa

keunggulan efektivitas bukan semata berasal dari TIK, melainkan dari sinergi antara model PjBL-STEM dengan komponen TIK yang memperkuat *scaffolding* kognitif peserta didik.

Tingginya efektivitas bahan ajar berbasis TIK-PjBL-STEM terhadap kemampuan berpikir kritis dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme. Pertama, sintaks PjBL yang sistematis –mulai dari penentuan pertanyaan mendasar, perencanaan proyek, penjadwalan, monitoring, evaluasi, hingga presentasi hasil – secara inheren melatih peserta didik untuk menganalisis masalah secara mendalam, mensintesis informasi dari berbagai sumber, dan mengevaluasi solusi yang telah dikembangkan (Thomas S D, 2000). Proses inilah yang secara langsung merangsang dimensi-dimensi berpikir kritis menurut Facione (2011), yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan regulasi diri.

Kedua, integrasi STEM dalam bahan ajar berbasis TIK memperkuat kemampuan berpikir kritis melalui pendekatan lintas disiplin yang menantang peserta didik untuk memecahkan masalah kompleks menggunakan konsep sains, teknologi, rekayasa, dan matematika secara terpadu (Bybee, 2013). Ketiga, teknologi dalam bahan ajar berbasis TIK berperan sebagai *scaffolding* kognitif yang memfasilitasi pemrosesan informasi secara lebih efektif. Komponen multimedia seperti animasi, simulasi, dan video tutorial membantu peserta didik memvisualisasikan konsep abstrak, sehingga beban kognitif ekstraneous berkurang dan kapasitas kognitif yang tersisa dapat digunakan untuk pemrosesan kritis dan konstruksi pengetahuan yang lebih mendalam (Mayer, 2009). Keempat, pendekatan berbasis proyek yang terdapat dalam bahan ajar TIK-PjBL-STEM mendorong peserta didik untuk belajar secara kolaboratif, mengkomunikasikan ide, dan mempertahankan argumen berdasarkan bukti, yang merupakan komponen esensial dari berpikir kritis (Bell, 2010; Ennis, 2011).

4.3 Kontribusi Bahan Ajar Berbasis TIK Terintegrasi PjBL-STEM terhadap Literasi Sains Peserta Didik

Kajian terhadap dua belas artikel penelitian juga mengungkapkan kontribusi signifikan bahan ajar berbasis TIK terintegrasi PjBL-STEM terhadap pengembangan literasi sains peserta didik. Sujud et al. (2024) mendokumentasikan bahwa implementasi STEM-PjBL mampu mengembangkan lima aspek literasi sains secara bersamaan, yaitu: (1) *general scientific ideas*, berupa penguasaan konsep dan prinsip sains; (2) karakteristik sains, berupa pemahaman tentang sifat dan proses ilmu pengetahuan; (3) sains dalam konteks, berupa kemampuan menghubungkan konsep sains dengan fenomena kehidupan nyata; (4) HOTS (*Higher Order Thinking Skills*), berupa kemampuan berpikir analitis dan evaluatif; dan (5) aspek afektif, berupa sikap ilmiah, keingintahuan, dan motivasi belajar. Sementara itu, Haryanto et al. (2024) merekomendasikan flipbook berbasis PjBL sebagai solusi praktis dan efektif dalam meningkatkan literasi sains di tingkat sekolah dasar.

Zaida Ilma et al., (2024) memperkuat temuan ini melalui penelitian tindakan kelas yang menunjukkan peningkatan literasi sains siswa SMA secara bertahap: N-gain Siklus 1 = 0,48 (sedang) dan N-gain Siklus 2 = 0,63 (sedang), dengan ketuntasan klasikal 90,90% pada Siklus 2, melampaui target 85% yang ditetapkan. Hasil ini menunjukkan bahwa intervensi STEM-PjBL yang berkelanjutan dan iteratif memberikan dampak kumulatif terhadap perkembangan literasi sains peserta didik.

Kontribusi bahan ajar berbasis TIK terhadap literasi sains dapat dipahami melalui perspektif kerangka literasi sains PISA (OECD, 2023) yang mencakup tiga kompetensi utama: menjelaskan fenomena secara ilmiah, mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah, serta menginterpretasikan data dan bukti secara ilmiah. Bahan ajar TIK-PjBL-STEM, melalui komponen proyek berbasis masalah nyata dan eksplorasi data digital, secara langsung melatih ketiga kompetensi tersebut.

Secara mekanistik, kontribusi TIK terhadap literasi sains terjadi melalui beberapa jalur. Pertama, simulasi dan visualisasi digital dalam bahan ajar TIK memungkinkan peserta didik mengeksplorasi fenomena alam yang sulit diamati secara langsung di kelas, sehingga memperkaya pemahaman konseptual dan kontekstual mereka. Kedua, akses terhadap sumber belajar digital yang beragam melalui bahan ajar berbasis TIK melatih peserta didik untuk mengevaluasi informasi secara kritis, membedakan fakta dari opini, dan menggunakan bukti ilmiah dalam argumentasi – semua merupakan inti dari literasi sains (OECD, 2023). Ketiga, format e-modul dan e-LKPD yang terstruktur secara pedagogis memandu peserta didik melalui tahapan inkuiri ilmiah yang sistematis, dari observasi hingga penarikan kesimpulan berbasis data, sebagaimana dilaporkan oleh Tarisna et al. (2023) dan Agung et al. (2022).

Aspek STEM dalam bahan ajar turut memperkuat literasi sains melalui penekanan pada keterpaduan disiplin ilmu. Ketika peserta didik mengerjakan proyek yang menggabungkan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika, mereka mengembangkan pemahaman yang lebih holistik tentang bagaimana ilmu pengetahuan bekerja dalam konteks kehidupan nyata (Muskania et al., 2024). Hal ini selaras dengan tujuan literasi sains yang tidak hanya mencakup penguasaan konten, tetapi juga pemahaman tentang sifat dan proses sains itu sendiri. Lebih jauh, studi lintas negara yang dilakukan oleh Trichkova-Kashamova et al., (2024) di Bulgaria mengkonfirmasi bahwa pendekatan PjBL berbasis teknologi digital, termasuk gamifikasi dan simulasi komputer, merupakan metode STEM inovatif yang paling efektif dalam meningkatkan keterlibatan siswa, relevansi dunia nyata, dan hasil belajar secara keseluruhan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Systematic Literature Review terhadap dua belas artikel penelitian terindeks Scopus dan SINTA yang dipublikasikan pada tahun 2021-2026, dapat ditarik tiga simpulan utama sebagai berikut.

Pertama, bahan ajar berbasis TIK terintegrasi PjBL-STEM dalam pembelajaran IPA umumnya hadir dalam format e-modul flipbook interaktif (Flipbook Builder Pro, Heyzine Flipbook, Canva Pro), e-book digital berbasis proyek, e-LKPD berbasis Liveworksheet, video pembelajaran berbasis animasi, dan platform e-learning berbasis Moodle. Karakteristik utamanya meliputi empat dimensi: interaktivitas tinggi (kuis digital, umpan balik langsung), multimodalitas (teks, gambar, video, animasi, audio), kontekstualitas berbasis proyek autentik, dan aksesibilitas digital yang fleksibel. Model pengembangan yang dominan digunakan adalah RSD dengan pendekatan 4D dan ADDIE (masing-masing 2 artikel), yang menjamin proses validasi ilmiah yang ketat. Meskipun kebutuhan bahan ajar digital STEM-PjBL sangat tinggi, implementasi aktual di sekolah masih sangat terbatas, sehingga pengembangan bahan ajar berbasis TIK terintegrasi PjBL-STEM sangat mendesak untuk dilakukan.

Kedua, implementasi bahan ajar berbasis TIK terintegrasi PjBL-STEM terbukti efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Hal ini dibuktikan oleh nilai N-gain yang secara konsisten berada pada kategori sedang hingga tinggi (0,41–0,74) dalam penelitian-penelitian yang dikaji. Dampak positif terhadap berpikir kritis terjadi karena: (a) sintaks PjBL yang sistematis melatih analisis, evaluasi, dan inferensi secara berulang dan terstruktur; (b) integrasi STEM memaksa peserta didik berpikir lintas disiplin dalam memecahkan masalah kompleks yang autentik; dan (c) teknologi dalam bahan ajar berfungsi sebagai *scaffolding* kognitif yang mengurangi beban kognitif ekstraneous sehingga kapasitas berpikir kritis dapat berkembang secara optimal. Kombinasi ketiga faktor inilah yang menjadikan bahan ajar TIK-PjBL-STEM jauh lebih efektif dibandingkan

bahan ajar konvensional dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Ketiga, bahan ajar berbasis TIK terintegrasi PjBL-STEM memberikan kontribusi positif yang substansial terhadap literasi sains peserta didik melalui pengembangan lima aspek secara bersamaan: *general scientific ideas*, karakteristik sains, sains dalam konteks kehidupan nyata, HOTS, dan aspek afektif. Dampak positif terhadap literasi sains terjadi karena: (a) simulasi dan visualisasi digital memungkinkan eksplorasi fenomena sains yang tidak dapat diamati langsung;

(b) proyek berbasis STEM mendorong penerapan konsep sains dalam konteks autentik sesuai dimensi literasi sains PISA; dan (c) struktur inkuiri dalam e-modul dan e-LKPD memandu peserta didik melalui proses ilmiah yang sistematis dari observasi hingga penarikan kesimpulan berbasis data. Keberhasilan ini menempatkan bahan ajar TIK-PjBL-STEM sebagai instrumen pedagogis yang kuat untuk membangun generasi yang melek sains di era digital.

Penelitian ini mengidentifikasi *research gap* yang signifikan: belum ada penelitian yang mengintegrasikan secara simultan TIK, PjBL, STEM, berpikir kritis, dan literasi sains dalam satu produk bahan ajar IPA yang tervalidasi secara komprehensif. Temuan ini menegaskan urgensi penelitian pengembangan (RSD) lanjutan yang merancang, mengembangkan, dan menguji coba bahan ajar berbasis TIK terintegrasi PjBL-STEM secara terpadu untuk meningkatkan kedua kompetensi tersebut secara bersamaan dalam pembelajaran IPA.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Agung, I. D. G., Suardana, I. N., S Rapi, N. K. (2022). E-Modul IPA dengan Model STEM-PjBL Berorientasi Pendidikan Karakter untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dan Pembelajaran*, 6(1), 120. <https://doi.org/10.23887/jipp.v6i1.42657>
- Asri, K., Haryani, S., Ellianawati, Bambang, S., S Widiarti, N. (2024). PENGEMBANGAN E-MODUL IPAS BERBASIS PROBLEM BASED LEARNING UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA SD. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 09(September), 90–105. <https://doi.org/10.23969/jp.v9i03.15839>
- Astutik, I. D., Pramasdyahsari, A. S., S Setyawati, R. D. (2024). Development of PjBL-STEM based E-books Assisted by Geometry Calculator to Foster Students' Critical Thinking Ability. *Kreano, Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif*, 15(1), 69–82. <https://doi.org/10.15294/eddrkj25>
- Bell, S. (2010). Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 39–43. <https://doi.org/10.1080/00098650903505415>
- Brookhart, S. M. (2010). *How to Assess Higher-Order Thinking Skills*. ASCD Publisher.
- Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. NSTA Press.
- Domenici, V. (2022). STEAM Project-Based Learning Activities at the Science Museum as an Effective Training for Future Chemistry Teachers. *Education Sciences*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/educsci12010030>
- Ennis, R. H. (2011). *The Nature of Critical Thinking: An Outline of Critical Thinking Dispositions and Abilities*.
- Fitria Fasz, D., S Trimurtini. (2025). Pengembangan Media Paprika (Papan Pintar Interaktif Perkalian). *Joyful Learning Journal*, 14(2), 222–229.
- Grant, M. J., S Booth, A. (2009). A typology of reviews: An analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information & Libraries Journal*, 26(2), 91–108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>

- Haryanto, H., Widarti, H. R., Mashfufah, A., Dewi, R. S. I., S Kusumaningrum, S. R. (2023). Flipbook-Based Project-Based Learning: An Opportunity to Improve Science Literacy. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(7), 4004–4009. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i7.7916>
- Herlita, F., Yamtinah, S., S Wati, I. K. (2023). The Effect of the PjBL-STEM Model on Students' Critical Thinking Ability in Science Learning. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(2), 192–202. <https://doi.org/10.21831/jipi.v9i2.57963>
- Kitchenham, B. (2004). *Procedures for Performing Systematic Reviews*. Keele University; National ICT Australia Ltd. (NICTA).
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning (2nd ed.)*. Cambridge University Press.
- Meri Tarisna, M., Suma, K., S Made Citra Wibawa, I. (2023). Efektifitas E-LKPD berbasis project based learning pada muatan pembelajaran IPA di kelas V sekolah dasar. *Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 6, 276–287.
- Muskania, R. T., Maksum, A., S Astra, I. M. (2024). A Qualitative Study of Teacher's Perspective about Digital STEM-PjBL Teaching Material Based on Local Wisdom to Improve Scientific Literacy. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 14(2), 94–103. <https://doi.org/10.47750/pegegog.14.02.11>
- OECD. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Putra, I. A., Russitta, N., S Wulandari, K. (2023). Rekonstruksi Video Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) Berbasis Pendekatan Science, Technology, Engineering And Mathematic (STEM). *Diffraction*, 5(1), 8–16. <https://doi.org/10.37058/diffraction.v5i1.6248>
- Sujud, R., Rahmawati, Y., S Utami, A. D. (2024). Development of Science Literacy Through Group Choice STEM-PjBL Projects Integrated with Matter State Changes. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(5), 2552–2564. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i5.6441>
- Thomas, J. W., S D, P. (2000). a Review of Research on Project-Based Learning. *Learning. Trichkova-Kashamova, E., Paunova-Hubenova, E., Boneva, Y., S Dimitrov, S. (2024). Criteria and Approaches for Optimization of Innovative Methods for STEM Education. IFAC-PapersOnLine*, 58(3), 123–128. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.07.137>
- Trilling, B., S Fadel, C. (2009). *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*. John Wiley S Sons.
- Trimurtini, Budi Waluya, S., L. Sukestiyarno, Y., Kharisudin, I., S Nugraheni, N. (2023). *Scaffolding Guidelines in Geometry Learning for Learning Trajectory Optimization*. B P International.
- Zahirah, D. F.; Sulistina, O. (2023). Implementation of STEM-Project Based Learning to Improve Students' Scientific Literacy and Creative Thinking Skills. *UNESA Journal of Chemical Education*, 12(2), 145–154. <https://doi.org/10.26740/unesa.v12n2.p145-154>
- Zaida Ilma, A., Utami, E., S Kusumaningtyas, D. A. (2024). STEM-Project based Learning in Physics Concept of Measurement to Enhance High School Students' Scientific Literacy. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 10(2), 273–284. <https://doi.org/10.21009/>