

Literature Review Pembelajaran Optik Berbasis STEM di SMA: Tren Pembelajaran dan Keterampilan Abad ke-21

Riva Wondal*, Seflin Alexendrina Sasube, Kalorina Dogomo, Yohansen Frando
Hadinata Silaban, Marianus

Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Manado, Kabupaten Minahasa, 95618, Indonesia

*Corresponding author. email: 24505005@unima.ac.id

Receipt : 10/06/2026; Revision : 26/06/2026; Accepted : 28/06/2026

ABSTRAK

Pembelajaran berbasis *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) merupakan pendekatan yang relevan untuk mengembangkan keterampilan abad ke-21 dalam pembelajaran fisika, khususnya pada materi optik. Namun, implementasi STEM pada materi optik masih menunjukkan variasi dalam fokus penelitian dan keterampilan yang dikembangkan. Penelitian ini bertujuan menganalisis tren penelitian, model pembelajaran, media pembelajaran, keterampilan yang dikembangkan, serta peluang penelitian pada pembelajaran optik berbasis STEM. Penelitian menggunakan metode *Literature Review* melalui tahapan identifikasi, penyaringan, seleksi kelayakan, dan inklusi artikel. Pencarian literatur dilakukan pada Mei–Juni 2026 melalui Google Scholar dan Sinta menggunakan kata kunci "Optik", "STEM", dan "Pembelajaran Fisika". Artikel yang dianalisis merupakan artikel penelitian berbahasa Indonesia yang membahas pembelajaran optik berbasis STEM pada jenjang sekolah menengah atas, tersedia dalam teks lengkap, dan memenuhi kriteria inklusi. Sebanyak 10 artikel nasional dianalisis secara deskriptif kualitatif melalui proses identifikasi, pengelompokan, dan sintesis temuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran optik berbasis STEM didominasi oleh penerapan *Problem Based Learning* (PBL) dan *Project Based Learning* (PjBL) dengan pemanfaatan media seperti e-modul, *Augmented Reality* (AR), dan *Pop-Up Book*. Kemampuan berpikir kritis menjadi keterampilan yang paling banyak dikembangkan, sedangkan kemampuan berpikir kreatif dan representasi sains masih terbatas. Penelitian yang mengintegrasikan ketiga kemampuan tersebut dalam satu desain pembelajaran juga masih jarang ditemukan. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan pembelajaran optik berbasis STEM yang mampu mengintegrasikan ketiga keterampilan tersebut untuk mendukung pembelajaran fisika yang lebih bermakna dan sesuai dengan tuntutan abad ke-21.

Kata kunci : berpikir kreatif, berpikir kritis, optik, representasi sains, STEM.

ABSTRACT

Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM)-based learning is a relevant approach for developing 21st-century skills in physics education, particularly in optics. However, the implementation of STEM in optics learning still shows variations in research focus and the skills being developed. This study aims to analyze research trends, learning models, instructional media, developed skills, and future research opportunities in STEM-based optics learning. This study employed a Literature Review method consisting of the stages of identification, screening, eligibility, and inclusion. The literature search was conducted from May to June 2026 using Google Scholar and SINTA with the keywords "Optics," "STEM," and "Physics Learning." The selected articles were Indonesian-language research articles focusing on STEM-based optics learning at the senior high school level, available in full text, and meeting the inclusion criteria. A total of 10 national journal articles were analyzed using descriptive qualitative analysis through the processes of identification, categorization, and synthesis of research findings. The results indicate that STEM-based optics learning is predominantly implemented through the Problem Based Learning (PBL) and Project Based Learning (PjBL) models, supported by instructional media such as e-modules, Augmented Reality (AR), and Pop-Up Books. Critical thinking is the most frequently developed skill, while creative thinking and scientific representation receive relatively less attention. Furthermore, studies integrating critical thinking, creative thinking, and scientific representation within a single STEM-based optics learning framework remain limited. Therefore, future research should focus on developing integrated STEM-based optics learning designs that simultaneously foster these three competencies to support more meaningful physics learning aligned with the demands of the 21st century.

Keywords: creative thinking, critical thinking, optics, scientific representation, STEM.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pendidikan abad ke-21 menuntut peserta didik tidak hanya memahami konsep, tetapi juga memiliki keterampilan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan mampu memanfaatkan teknologi dalam menyelesaikan masalah nyata (Mahrunnisya, 2023). Dalam pembelajaran fisika, kebutuhan tersebut mendorong perubahan dari pembelajaran yang berpusat pada teori menuju pembelajaran yang lebih kontekstual dan aplikatif. Oleh karena itu, pembelajaran fisika perlu dirancang agar mampu menghubungkan konsep dengan fenomena yang dekat dengan kehidupan peserta didik.

Salah satu pendekatan yang dinilai mampu menjawab kebutuhan tersebut adalah pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) (Yatim, 2024). Pendekatan STEM mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam proses pembelajaran untuk membantu peserta didik memahami konsep melalui penyelesaian masalah nyata (Laila et al., 2024). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM dapat meningkatkan pemahaman konsep, kemampuan berpikir tingkat tinggi, kreativitas, dan keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran fisika. Selain itu, pendekatan STEM juga membuat proses pembelajaran menjadi lebih aktif dan bermakna karena peserta didik terlibat langsung dalam kegiatan eksplorasi dan pemecahan masalah. Namun, berbagai penelitian menunjukkan bahwa pemahaman konsep fisika peserta didik masih sering berada pada kategori rendah dan disertai munculnya miskonsepsi pada berbagai materi fisika. Kondisi ini menunjukkan perlunya pembelajaran yang mampu membantu peserta didik membangun pemahaman konseptual yang benar dan mendalam (Silaban & Jumadi, 2022).

Penerapan STEM dalam pembelajaran fisika terus berkembang pada berbagai topik, seperti mekanika, energi, listrik, dan gerak. Namun, kajian mengenai pembelajaran optik berbasis STEM di sekolah menengah atas masih relatif terbatas dan cenderung berfokus pada pengembangan media pembelajaran atau peningkatan hasil belajar pada materi tertentu. Padahal, optik merupakan salah satu materi fisika yang sangat erat kaitannya dengan perkembangan teknologi modern (Mustafa et al., 2020). Berbagai teknologi, seperti kamera digital, laser, serat optik, hologram, *augmented reality* (AR), dan *virtual reality* (VR), berkembang berdasarkan prinsip-prinsip optik (Apriliani, 2024; Budiati & Pauzi, 2016). Teknologi tersebut juga dekat dengan kehidupan peserta didik sehingga materi optik memiliki potensi besar untuk dikembangkan melalui pembelajaran berbasis STEM. Meskipun demikian, berbagai penelitian menunjukkan bahwa peserta didik masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep optik, khususnya yang berkaitan dengan sifat optik dan fungsi lensa, sehingga diperlukan strategi pembelajaran yang mampu membantu peserta didik membangun pemahaman konsep secara lebih baik (Nelwan et al., 2024). Selain itu, penelitian-penelitian terdahulu umumnya mengkaji aspek tertentu secara terpisah, seperti pengembangan media, peningkatan kemampuan berpikir kritis, atau literasi sains, sehingga belum memberikan gambaran yang komprehensif mengenai tren penelitian, model pembelajaran, pemanfaatan teknologi, serta keterampilan abad ke-21 yang dikembangkan dalam pembelajaran optik berbasis STEM.

Keterkaitan antara optik dan teknologi modern membuat materi ini tidak hanya penting dipahami secara konseptual, tetapi juga relevan untuk melatih keterampilan abad ke-21. Dalam pembelajaran optik berbasis STEM, peserta didik dapat menghubungkan konsep cahaya dengan penerapan teknologi yang mereka gunakan sehari-hari (Sari et al., 2022). Selain itu, karakteristik materi optik yang bersifat visual dan kontekstual memungkinkan peserta didik membangun representasi sains melalui gambar, simulasi, percobaan, maupun desain sederhana. Proses tersebut juga dapat melatih kemampuan berpikir kritis dan kreatif melalui kegiatan analisis, investigasi, dan pemecahan masalah. Selain itu, pemahaman konsep merupakan dasar penting dalam pembelajaran fisika karena menjadi kunci dalam menyelesaikan berbagai permasalahan, mulai dari yang sederhana hingga kompleks. Namun, peserta didik masih sering mengalami miskonsepsi yang dapat menghambat terbentuknya pemahaman konsep yang benar sehingga diperlukan strategi pembelajaran yang mampu membantu peserta didik membangun pemahaman konseptual secara lebih baik (Silaban & Istiyono, 2024).

Meskipun demikian, penelitian sebelumnya masih lebih banyak membahas penerapan STEM secara umum dan belum banyak mengkaji materi optik secara khusus di sekolah menengah atas.

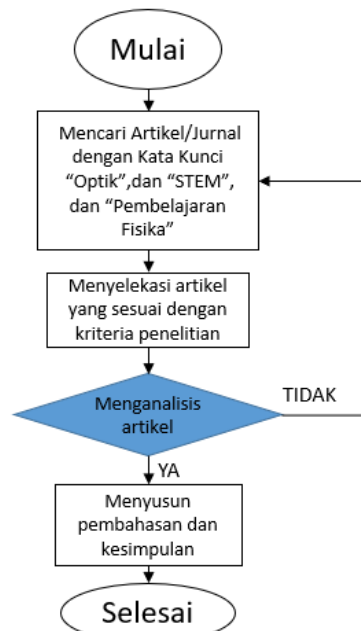
Sebagian besar penelitian berfokus pada peningkatan hasil belajar, pengembangan media pembelajaran, atau pengujian efektivitas model pembelajaran tertentu. Kajian yang secara khusus menganalisis tren penelitian, materi optik yang dikaji, model pembelajaran, pemanfaatan media atau teknologi, serta keterampilan abad ke-21 yang dikembangkan dalam pembelajaran optik berbasis STEM masih relatif terbatas. Selain itu, penelitian terdahulu umumnya membahas kemampuan berpikir kritis, berpikir kreatif, atau representasi sains secara terpisah sehingga belum memberikan gambaran yang komprehensif mengenai keterkaitan ketiga keterampilan tersebut dalam pembelajaran optik berbasis STEM (Subro & Fawaid, 2025). Oleh karena itu, penelitian ini berbeda dari kajian sebelumnya karena tidak hanya mengidentifikasi penerapan STEM pada materi optik, tetapi juga menyintesis tren penelitian, model dan media pembelajaran yang digunakan, serta keterampilan abad ke-21 yang dikembangkan untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai arah pengembangan pembelajaran optik berbasis STEM di sekolah menengah atas. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui kajian literatur terhadap artikel-artikel nasional yang relevan.

Berdasarkan kondisi tersebut maka diperlukan sebuah wadah kajian komprehensif untuk menganalisis pembelajaran optik berbasis STEM yang dirancang untuk mengintegrasikan kemampuan berpikir kritis, berpikir kreatif, dan representasi sains secara terpadu dalam proses pembelajaran fisika pada jenjang sekolah menengah atas. Integrasi tersebut dilakukan melalui penerapan pendekatan dan aktivitas pembelajaran pada materi optik yang memungkinkan peserta didik mengembangkan ketiga kemampuan tersebut secara bersamaan. Penelitian ini tidak hanya membahas penerapan STEM pada materi optik, tetapi juga menekankan bagaimana materi tersebut dapat digunakan untuk melatih berbagai keterampilan abad ke-21 secara terpadu.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis topik optik dalam pembelajaran STEM di sekolah menengah atas melalui metode *literature review*. Kajian ini difokuskan pada identifikasi tren penelitian, model pembelajaran STEM yang digunakan, pemanfaatan teknologi atau media pembelajaran, serta keterampilan yang dikembangkan dalam pembelajaran optik berbasis STEM. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi hal-hal yang perlu dikembangkan oleh penelitian terdahulu dan peluang pengembangan penelitian pada topik optik berbasis STEM. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pendidik dan peneliti dalam mengembangkan pembelajaran fisika yang lebih inovatif, kontekstual, dan relevan dengan kebutuhan pendidikan abad ke-21.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Literature Review (LR) untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mensintesis berbagai artikel ilmiah yang berkaitan dengan pembelajaran optik berbasis STEM di sekolah menengah atas. Prosedur penelitian dilakukan secara sistematis dengan mengacu pada tahapan kajian literatur yang meliputi identification, screening, eligibility, dan inclusion. Tahap identification dilakukan melalui pencarian artikel menggunakan kata kunci yang telah ditetapkan pada basis data Google Scholar dan Sinta. Tahap screening dilakukan dengan menyeleksi artikel berdasarkan judul, abstrak, tahun publikasi, dan kesesuaian topik penelitian. Selanjutnya, pada tahap eligibility, artikel ditelaah secara menyeluruh berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Tahap inclusion menghasilkan 10 artikel nasional yang memenuhi seluruh kriteria untuk dianalisis lebih lanjut. Selanjutnya, artikel-artikel tersebut dianalisis dan disintesis untuk mengidentifikasi tren penelitian, model pembelajaran, media pembelajaran, serta keterampilan yang dikembangkan dalam pembelajaran optik berbasis STEM (Arfan & Hasibuan, 2025; Yunita et al., 2022). Diagram alir digunakan sebagai panduan dalam proses penelitian untuk menggambarkan tahapan penelitian secara sistematis. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian Analisis Topik Optik dalam Pembelajaran STEM di Sekolah Menengah

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 1 dan metode penelitian yang digunakan, penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah pencarian artikel ilmiah menggunakan kata kunci "Optik", "STEM", dan "Pembelajaran Fisika" yang dikombinasikan sesuai kebutuhan pencarian. Pencarian literatur dilakukan pada Mei–Juni 2026 melalui Google Scholar dan Sinta karena kedua basis data tersebut menyediakan berbagai artikel ilmiah nasional yang relevan dengan bidang pendidikan fisika. Artikel yang dicari dibatasi pada artikel penelitian berbahasa Indonesia yang dipublikasikan dalam jurnal nasional pada rentang tahun 2015–2026. Selanjutnya, artikel yang diperoleh diseleksi berdasarkan kesesuaian dengan fokus penelitian untuk memperoleh sumber yang relevan sebagai bahan analisis.

Tahap berikutnya adalah seleksi artikel berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Kriteria inklusi meliputi artikel penelitian yang membahas pembelajaran optik berbasis STEM atau pengembangan keterampilan abad ke-21 pada materi optik, dipublikasikan dalam jurnal ilmiah nasional, tersedia dalam teks lengkap, serta sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun kriteria eksklusi meliputi artikel yang tidak membahas materi optik, tidak berkaitan dengan pembelajaran berbasis STEM, berupa prosiding atau artikel tinjauan pustaka, serta artikel yang teridentifikasi sebagai duplikasi. Berdasarkan proses pencarian literatur, diperoleh 20 artikel yang kemudian disaring berdasarkan judul dan abstrak. Selanjutnya, dilakukan telaah terhadap isi artikel berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi sehingga 10 artikel dieliminasi karena tidak memenuhi kriteria penelitian. Dengan demikian, diperoleh 10 artikel yang memenuhi seluruh kriteria dan digunakan sebagai sumber analisis. Kesepuluh artikel tersebut dipilih karena memberikan bukti empiris yang relevan mengenai pembelajaran optik berbasis STEM dalam mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21.

Tahap berikutnya adalah membaca dan menganalisis artikel. Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap artikel yang telah dipilih untuk mengidentifikasi tren penelitian, model pembelajaran STEM yang digunakan, teknologi atau media pembelajaran yang diterapkan, serta keterampilan yang dikembangkan dalam pembelajaran optik. Selain itu, dilakukan pula analisis terhadap kekurangan penelitian sebelumnya dan peluang pengembangan penelitian yang berkaitan dengan topik optik dalam pembelajaran STEM.

Tahap terakhir adalah penyusunan pembahasan dan kesimpulan penelitian. Hasil analisis artikel kemudian disusun secara sistematis untuk memberikan gambaran mengenai perkembangan penelitian topik optik dalam pembelajaran STEM di sekolah menengah atas. Selain itu, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan pembelajaran fisika yang lebih inovatif dan relevan dengan perkembangan teknologi modern.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pencarian dan seleksi literatur, diperoleh 10 artikel nasional yang memenuhi kriteria inklusi dan dipublikasikan pada rentang tahun 2015–2026. Artikel-artikel tersebut membahas penerapan pendekatan STEM dalam pembelajaran optik di sekolah menengah atas. Analisis dilakukan untuk mengidentifikasi tren penelitian, model pembelajaran, serta teknologi atau media pembelajaran yang digunakan dalam implementasi STEM, sekaligus mengkaji keterampilan yang dikembangkan pada pembelajaran optik. Selain itu, analisis juga bertujuan untuk mengidentifikasi kesenjangan dalam penelitian terdahulu serta peluang pengembangan penelitian mengenai pembelajaran optik berbasis STEM. Karakteristik artikel yang dianalisis disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik artikel

No.	Penulis/Tahun	Materi	Model/Media STEM	Keterampilan	Temuan Utama
1	(Rohmah et al., 2021).	Alat optik	PBL berbasis STEM	Berpikir kritis	PBL berbasis STEM meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik dengan respons positif terhadap pembelajaran.
2	(Diva Alkhadia Rana, Andry Fitrian, 2023).	Alat optik	E-modul STEM (Flipbuilder)	Kemandirian belajar	E-modul berbasis STEM dinyatakan sangat layak dan mendukung pembelajaran mandiri peserta didik.
3	(Fakhira Nursabrina & Laksanawati, 2023).	Alat optik	STEM-Index Card Match	Berpikir kritis	Model STEM-Index Card Match meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan aktivitas belajar peserta didik.
4	Al Anshori et al. (2024)	Pemantulan dan pembiasan cahaya	Analisis kemampuan berpikir kritis	Berpikir kritis	Kemampuan berpikir kritis peserta didik masih berada pada kategori sedang.
5	(Choirun Nisah Alifiyah, Parno, 2020).	Alat optik	PjBL-STEM dengan UKBM	Literasi sains	UKBM berbasis PjBL-STEM efektif meningkatkan literasi sains peserta didik.
6	(Bunawan et al., 2015).	Optika geometri	Tes diagnostik representasi grafik	Representasi grafik	Kemampuan representasi grafik masih rendah, terutama pada interpretasi dan analisis grafik.
7	(Rika Aprianti, Widiasih, Zakirman, Khoirotun Nadiyyah, 2024).	Optik geometri dan alat optik	E-modul	Pemahaman konsep	E-modul meningkatkan pemahaman konsep optik dengan kategori N-Gain sedang-tinggi.
8	(Putri et al., 2026).	Fiber optik	Augmented Reality (AR)	Pemahaman konsep	Media AR ScanLab layak digunakan dan meningkatkan efektivitas pembelajaran.
9	(Ukhtinasari Febri & , Mosik, 2017).	Alat optik	Pop-Up Book	Hasil belajar	Pop-Up Book layak digunakan dan efektif meningkatkan hasil belajar peserta didik.
10	(Aprianingtyas et al., 2020).	Optik geometri	Pembelajaran saintifik berbasis proyek	Berpikir kreatif	Kemampuan berpikir kreatif berpengaruh positif terhadap pemahaman konsep optik geometri.

Berdasarkan hasil analisis terhadap 10 artikel yang direviu, penelitian mengenai pembelajaran optik berbasis STEM pada periode 2015–2026 menunjukkan bahwa kajian ini berkembang dengan fokus yang didominasi oleh materi alat optik dan optika geometri, terutama

pada publikasi tahun 2023–2024. Dominasi tersebut menunjukkan bahwa kedua materi dipandang memiliki keterkaitan yang kuat dengan fenomena kehidupan sehari-hari serta perkembangan teknologi sehingga potensial untuk diintegrasikan dengan pendekatan STEM. Selain itu, implementasi pembelajaran didominasi oleh penggunaan model *Problem Based Learning* (PBL) dan *Project Based Learning* (PjBL) yang didukung media pembelajaran seperti e-modul, *Augmented Reality* (AR), dan *Pop-Up Book*. Penelitian-penelitian terdahulu secara umum menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran optik berbasis STEM mampu meningkatkan hasil belajar dan keterampilan berpikir kritis peserta didik, namun sebagian besar masih berfokus pada pengembangan satu keterampilan tertentu, sedangkan kemampuan berpikir kreatif dan representasi sains masih relatif kurang mendapat perhatian. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa pengembangan desain pembelajaran optik berbasis STEM pada penelitian selanjutnya perlu diarahkan pada pembelajaran yang mampu mengintegrasikan model pembelajaran inovatif, media berbasis teknologi, serta pengembangan kemampuan berpikir kritis, berpikir kreatif, dan representasi sains secara terpadu sehingga pembelajaran fisika menjadi lebih komprehensif dan relevan dengan tuntutan abad ke-21.

Implementasi pembelajaran optik berbasis STEM umumnya dilakukan melalui model pembelajaran yang berorientasi pada pemecahan masalah dan kegiatan proyek. Model yang paling banyak digunakan adalah *Problem Based Learning* (PBL) dan *Project Based Learning* (PjBL) yang dipadukan dengan pendekatan STEM. Penggunaan model-model tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran optik tidak hanya diarahkan pada penguasaan konsep, tetapi juga pada keterlibatan aktif peserta didik dalam menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan fenomena optik.

Selain penerapan model pembelajaran, beberapa penelitian juga mengembangkan dan memanfaatkan berbagai media pembelajaran untuk mendukung implementasi STEM pada materi optik. Media yang digunakan meliputi e-modul berbasis STEM, *Augmented Reality* (AR), dan *Pop-Up Book*. Pemanfaatan media tersebut menunjukkan adanya upaya untuk memvisualisasikan konsep-konsep optik yang bersifat abstrak sehingga lebih mudah dipahami oleh peserta didik. Dengan demikian, perkembangan penelitian optik berbasis STEM tidak hanya terlihat pada model pembelajaran yang digunakan, tetapi juga pada inovasi media pembelajaran yang dikembangkan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis merupakan keterampilan yang paling banyak dikembangkan dalam pembelajaran optik berbasis STEM. Temuan ini terlihat pada penelitian Rohmah et al. (2021) dan Nursabrina dan Laksanawati (2023) yang melaporkan peningkatan kemampuan berpikir kritis melalui penerapan model pembelajaran berbasis STEM pada materi alat optik. Selain itu, penelitian Al Anshori et al. (2024) menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi pemantulan dan pembiasan cahaya masih berada pada kategori sedang. Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis menjadi fokus utama dalam penelitian pembelajaran optik berbasis STEM karena dianggap sebagai salah satu kompetensi penting dalam pembelajaran fisika abad ke-21.

Meskipun demikian, hasil kajian menunjukkan bahwa penelitian yang secara khusus mengembangkan kemampuan berpikir kreatif masih relatif terbatas. Dari artikel yang dianalisis, aspek berpikir kreatif secara eksplisit ditemukan pada penelitian Aprianingtyas et al. (2020) yang menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kreatif berpengaruh terhadap pemahaman konsep optik geometri. Padahal, karakteristik pembelajaran STEM yang melibatkan proses perancangan, eksplorasi ide, dan penyelesaian masalah seharusnya memberikan peluang yang besar bagi pengembangan kemampuan berpikir kreatif peserta didik. Kondisi ini menunjukkan bahwa aspek kreativitas belum memperoleh perhatian yang seimbang dibandingkan kemampuan berpikir kritis.

Selain kemampuan berpikir kritis dan berpikir kreatif, representasi sains juga merupakan keterampilan penting dalam pembelajaran optik karena membantu peserta didik memahami konsep melalui berbagai bentuk representasi, seperti diagram sinar, grafik, model visual, representasi matematis, dan simulasi digital. Namun, berdasarkan hasil analisis artikel, penelitian yang membahas representasi sains masih sangat terbatas dan umumnya hanya berfokus pada representasi grafik. Penelitian Bunawan et al. (2015) menunjukkan bahwa

kemampuan representasi grafik pada materi optika geometri masih tergolong rendah, terutama pada aspek interpretasi dan analisis grafik. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa peserta didik masih mengalami kesulitan dalam menghubungkan konsep optik dengan berbagai bentuk representasi ilmiah yang digunakan dalam pembelajaran. Padahal, karakteristik materi optik menuntut peserta didik mampu berpindah dan menghubungkan berbagai representasi tersebut secara terpadu agar konsep yang bersifat abstrak dapat dipahami secara lebih mendalam. Oleh karena itu, penelitian pembelajaran optik berbasis STEM pada masa mendatang perlu mengembangkan representasi sains secara lebih komprehensif dengan mengintegrasikan representasi visual, grafis, matematis, dan verbal dalam satu desain pembelajaran.

Hasil analisis menunjukkan bahwa penelitian pembelajaran optik berbasis STEM masih didominasi oleh pengembangan kemampuan berpikir kritis, sedangkan kajian yang berfokus pada kemampuan berpikir kreatif dan representasi sains masih relatif terbatas. Selain itu, sebagian besar penelitian cenderung mengembangkan atau mengukur keterampilan tersebut secara terpisah sesuai dengan tujuan penelitian masing-masing. Padahal, karakteristik materi optik memungkinkan peserta didik untuk melakukan analisis fenomena, merancang solusi terhadap permasalahan, serta menyajikan konsep dalam berbagai bentuk representasi ilmiah secara bersamaan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa masih terdapat peluang untuk mengembangkan pembelajaran optik berbasis STEM yang tidak hanya berorientasi pada satu keterampilan tertentu, tetapi juga mampu memfasilitasi pengembangan berbagai keterampilan abad ke-21 secara lebih terpadu.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis terhadap 10 artikel yang direviu, pembelajaran optik berbasis STEM menunjukkan perkembangan melalui penerapan berbagai model pembelajaran, terutama *Problem Based Learning* (PBL) dan *Project Based Learning* (PjBL), serta pemanfaatan media inovatif seperti e-modul, *Augmented Reality* (AR), dan *Pop-Up Book*. Hasil kajian menunjukkan bahwa penelitian pembelajaran optik berbasis STEM masih didominasi oleh pengembangan kemampuan berpikir kritis, sedangkan kemampuan berpikir kreatif dan representasi sains masih relatif jarang dikaji serta umumnya dikembangkan secara terpisah. Temuan ini mengindikasikan bahwa pembelajaran optik berbasis STEM memiliki potensi untuk mengintegrasikan berbagai keterampilan abad ke-21 secara lebih terpadu. Implikasi praktis dari hasil kajian ini adalah guru fisika dapat merancang pembelajaran optik berbasis STEM dengan memadukan model pembelajaran berbasis masalah atau proyek serta memanfaatkan media pembelajaran yang interaktif untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis, berpikir kreatif, dan representasi sains secara bersamaan. Selain itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan dan menguji desain pembelajaran optik berbasis STEM yang secara khusus mengintegrasikan ketiga kemampuan tersebut dalam satu rangkaian pembelajaran serta mengevaluasi efektivitasnya pada berbagai materi optik dan jenjang pendidikan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Aprianingtyas, M., Suparmi, S., & Sunarno, W. (2020). Peran Interaksi Sosial Dan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Terhadap Kemampuan Memahami Konsep Pada Materi Optik Geometri. *KoPeN: Konferensi Pendidikan Nasional*, 2(1), 158–165.
- Apriliani, N. P. (2024). MOTION GRAPHIC BERBASIS PEMBELAJARAN DILEMMA-STEAM PADA MATERI GERAK PARABOLA. *Jurnal Pendidikan: Riset Dan Konseptual*, 5(2), 322. <https://doi.org/10.21009/03.1201.PF05>
- Arfan, M. A. H., & Hasibuan, S. W. (2025). Pelatihan Penulisan Artikel Ilmiah Dengan Metode Systematic Literature Review (SLR). *FUSION: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(2), 104–111.
- Budiati, R., & Pauzi, G. A. (2016). Analisis Pengaruh Tekanan Pada Serat Optik Terhadap Sistem Transmisi Data Berbasis Mikrokontroler ATmega32 Dengan Akuisisi Data Menggunakan Matlab. 04(01), 107–114.
- Bunawan, W., Setiawan, A., Rusli, A., & . N. (2015). Penilaian Pemahaman Representasi Grafik Materi Optika Geometri Menggunakan Tes Diagnostik. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 2(2),

- 257–267. <https://doi.org/10.21831/cp.v2i2.4830>
- Choirun Nisah Alifiyah, Parno, dan S. K. (2020). Efektivitas Penggunaan UKBM Terhadap Literasi Sains Materi Alat Optik Dalam Model PjB-STEM Dengan Asesmen Formatif Pada Siswa Kelas XI MIA SMA Negeri 9 Malang. *Briliant: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 5(4), 679. <https://doi.org/10.28926/briliant.v5i4.515>
- Diva Alkhadia Rana, Andry Fitrian, D. (2023). Pengembangan E-Modul Fisika Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, And Mathematics) Menggunakan Aplikasi Flipbuilder Pada Materi Alat Optik SMA Kelas XI. *Prosiding Seminar Nasional Sains*, 4(1), 243–249.
- Fakhira Nursabrina, W. D., & Laksanawati. (2023). Implementasi Model Pembelajaran STEM Index Card Match Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Pada Materi Alat-Alat Optik. *TIME in Physics*, 1(1), 23–30.
- Laila, S., Wardani, R. S., Umayah, A. R., Huda, M. K., & Hutahuruk, A. F. (2024). Peran Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematic) dalam Pembelajaran. *Journal of Natural Sciences*, 5(3), 213–223. <https://doi.org/10.34007/jonas.v5i3.703>
- Mahrunnisya, D. (2023). Keterampilan Pembelajar Di Abad Ke-21. *JUPENJI: Jurnal Pendidikan Jompa Indonesia*, 2(1), 101–109. <https://doi.org/10.57218/jupenji.vol2.iss1.598>
- Mustafa, A. S., Arsyad, M., & Helmi. (2020). Pengembangan Modul Fisika Berbasis Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM). *Seminar Nasional Fisika*, 3, 20–23.
- Putri, L., Sidik, A., Sari, D. P., & Hasugian, L. P. (2026). *PENGENALAN FIBER OPTIK MENGGUNAKAN AUGMENTED REALITY SEBAGAI PENGENALAN ALAT PADA SISWA SMKN 1 PURWAKARTA*. 11(1), 1571–1585.
- Rika Aprianti, Widiasih, Zakirman, Khoirotun Nadiyyah, dan D. A. (2024). MENINGKATKAN PEMAHAMAN SISWA SMA PADA MATERI OPTIK GEOMETRI DAN ALAT OPTIK MELALUI E-MODUL. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, 12(2), 122–138.
- Rohmah, H. N., Suherman, A., & Utami, I. S. (2021). Penerapan Problem Based Learning Berbasis Stem pada Materi Alat Optik untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 12(2), 117–123. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v12i2.7900>
- Sari, F. D., Fajariningtyas, D. A., & Anekawati, A. (2022). Pengembangan Modul Ipa Stem Materi Cahaya Dan Alat Optik Kelas Viii Smpn 2 Kalianget. *LENZA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 12(1), 27–32. <https://doi.org/10.24929/lensa.v12i1.185>
- Silaban, Y. F. H., & Istiyono, E. (2024). The development of diagnostic test instrument to identify physics conceptual understanding of high school students. *AIP Conference Proceedings*, 2622(1). <https://doi.org/10.1063/5.0133922>
- Silaban, Y. F. H., & Jumadi, J. (2022). Concept understanding profile of high school students on doppler effect and sound intensity levels. *Momentum: Physics Education Journal*, 6(1), 51–58. <https://doi.org/10.21067/mpej.v6i1.5664>
- Subro, M. H., & Fawaid, A. (2025). Penerapan Pembelajaran Abad 21 dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *JlIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(6), 6344–6348. <https://doi.org/10.54371/jiip.v8i6.8243>
- Ukhtinasari Febri, & , Mosik, S. (2017). Pop-Up Sebagai Media Pembelajaran Fisika Materi Alat-Alat Optik Untuk Siswa Sekolah Menengah Atas. *UPEJ Unnes Physics Education Journal*, 3(3), 77–83.
- Yatim, M. (2024). Implementasi Pendekatan STEM pada Kurikulum Merdeka di SDN 215/X Bukit Tempurung Tanjung Jabung Timur. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 09(04), 398–410.
- Yunita, E., Kurniawan, S., & Khamim, S. (2022). Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Melalui Metode Scramble. *El-Madib: Jurnal Pendidikan Dasar Islam*, 2(2), 145–159. <https://doi.org/10.51311/el-madib.v2i2.586>