**Epistemic: Scientific Thinking and Literacy**
*e-ISSN: 3124-4300*

***Vol 01, No 02, 78-88***
*https://doi.org/10.58706/epistemic*
*epistemic.mep@gmail.com*

# Media Pembelajaran Digital dan Efektivitasnya dalam Meningkatkan Keterampilan Literasi Sains Siswa pada Fisika: Tinjauan Literatur

**Sofi Nurul Jannah [1], Alfiah Nur Azizah [1], Ahmad Arifin Arwan [1], Dzakiyyah Maulida Nafisawati [1], Rinda Rahmanisa Sasmi [2], Nurita Apridiana Lestari [1,*]**

[1] Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia
[2] Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia
[*] Email: nuritalestari@unesa.ac.id

***Abstrak***

*Pembelajaran fisika sering dianggap sulit dan abstrak oleh siswa karena keterbatasan visualisasi dalam metode pengajaran konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan kajian literatur terkait berbagai media pembelajaran digital, seperti video animasi, Augmented Reality (AR), dan simulasi interaktif, serta efektivitasnya dalam meningkatkan literasi sains, kemampuan berpikir kritis, dan hasil belajar siswa. Metode yang digunakan adalah studi kepustakaan (library research) dengan menganalisis berbagai artikel dari jurnal nasional dan internasional. Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi teknologi digital yang dipadukan dengan model pembelajaran aktif secara signifikan meningkatkan keterlibatan siswa dan pemahaman konsep yang kompleks, Simpulan dari tinjauan ini menegaskan bahwa penggunaan media digital tidak hanya mengatasi keterbatasan visualisasi pada materi abstrak, tetapi juga secara efektif memperkuat literasi sains siswa. Oleh karena itu, transformasi digital melalui media interaktif sangat direkomendasikan sebagai instrumen utama dalam modernisasi pendidikan fisika guna menghadapi tantangan pembelajaran di era 4.0.*

**Kata kunci:** *Augmented Reality*, Fisika, Literasi Sains, Media Pembelajaran Digital

## *Digital Learning Media and Its Effectiveness in Improving Students' Science Literacy Skills in Physics: Literature Reviews*

***Abstract***

*Physics learning is often perceived as difficult and abstract by students due to the limitations of visualization in conventional teaching methods. This study aims to review the literature on various digital learning media, such as animated videos, Augmented Reality (AR), and interactive simulations, as well as their effectiveness in improving students' scientific literacy, critical thinking skills, and learning outcomes. The study employed a library research method by analyzing articles published in national and international journals. The findings indicate that the integration of digital technology with active learning models significantly enhances student engagement and understanding of complex concepts. This review concludes that the use of digital learning media not only addresses visualization limitations in abstract physics topics but also effectively strengthens students' scientific literacy. Therefore, digital transformation through interactive learning media is strongly recommended as a key strategy for modernizing physics education to address the challenges of learning in the Industry 4.0 era.*

***Keywords:*** Augmented Reality, Physics, Science Literacy, Digital Learning Media

**Riwayat Naskah**

| Diserahkan | Direvisi | Diterima | Diterbitkan Daring |
|---|---|---|---|
| 1 Mei 2026 | 20 Mei 2026 | 12 Juni 2026 | 30 Juni 2026 |

**How to cite:**

Copyright © The Author(s). This work is licensed under CC BY-NC 4.0

Jannah, S.N., Azizah, A.N., Arwan, A.A., Nafisawati, D.M., Sasmi, R.R., dan Lestari, N.A. (2026). Media Pembelajaran Digital dan Efektivitasnya dalam Meningkatkan Keterampilan Literasi Sains Siswa pada Fisika: Tinjauan Literatur. *Epistemic: Scientific Thinking and Literacy*, **1**(2), 78-88. DOI: https://doi.org/10.58706/epistemic.id912.

## PENDAHULUAN

Pada abad ke-21, pendidikan fisika menghadapi tantangan yang semakin kompleks, di mana siswa dituntut tidak hanya memahami hukum alam secara teoritis, tetapi juga mampu mengaitkannya dengan konteks kehidupan nyata (Jaya dkk., 2023). Praktik di lapangan menunjukkan bahwa proses pembelajaran masih didominasi oleh metode konvensional, yang berpusat pada guru, dan bersifat verbal. Pendekatan ini menyebabkan kelelahan belajar dan membebani kapasitas memori kerja siswa secara berlebihan, sehingga membatasi pemahaman mereka terhadap konsep-konsep abstrak (Sweller, 2020). Untuk mengatasi hambatan-hambatan tersebut, integrasi media pembelajaran berbasis teknologi menjadi sangat penting guna mengurangi beban kognitif sekaligus meningkatkan motivasi belajar siswa (Adari dkk., 2025).

Integrasi teknologi digital ke dalam pendidikan fisika telah berkembang melalui berbagai pendekatan media (Unayah dkk., 2024). Penelitian Türkay (2016) menunjukkan efektivitas *whiteboard animation* dalam menyederhanakan alur berpikir, sementara simulasi interaktif seperti PhET terbukti meningkatkan literasi sains siswa (Sukardiyono dkk., 2025). Perkembangan terkini menyoroti penggunaan *Augmented Reality* (AR), yang dapat menghadirkan objek tiga dimensi ke dalam lingkungan fisik secara real-time, sehingga memfasilitasi visualisasi tiga dimensi (Zuo dkk., 2025). Temuan terbaru menunjukkan bahwa AR secara konsisten meningkatkan keterlibatan siswa, motivasi, serta keterampilan pemecahan masalah, meskipun dampaknya terhadap pencapaian akademik bervariasi antar konteks (Ziaul-Haq dkk., 2025). Penggunaan teknologi imersif ini secara konsisten telah terbukti meningkatkan keterlibatan, motivasi, dan keterampilan pemecahan masalah siswa (Radianti dkk., 2020; Zhang dkk., 2024).

Secara umum, berbagai penelitian telah menunjukkan dampak positif penggunaan *platform* digital ini terhadap aspek kognitif dan afektif siswa. Penggunaan animasi dan simulasi interaktif telah terbukti mengurangi beban kognitif yang tidak perlu dengan menyediakan representasi visual yang terstruktur, sehingga memungkinkan siswa untuk memfokuskan memori mereka pada pemrosesan konsep-konsep fisika yang kompleks. Selain itu, keterlibatan aktif siswa saat bereksperimen dengan simulasi atau objek AR secara langsung mendorong peningkatan literasi sains dan keterampilan berpikir kritis. Kegiatan seperti mendeteksi pola, menguji hipotesis, dan memvisualisasikan medan atau gaya yang tidak terlihat oleh secara kasat mata membuat proses konstruksi pengetahuan menjadi lebih berdampak daripada sekadar menerima informasi tekstual.

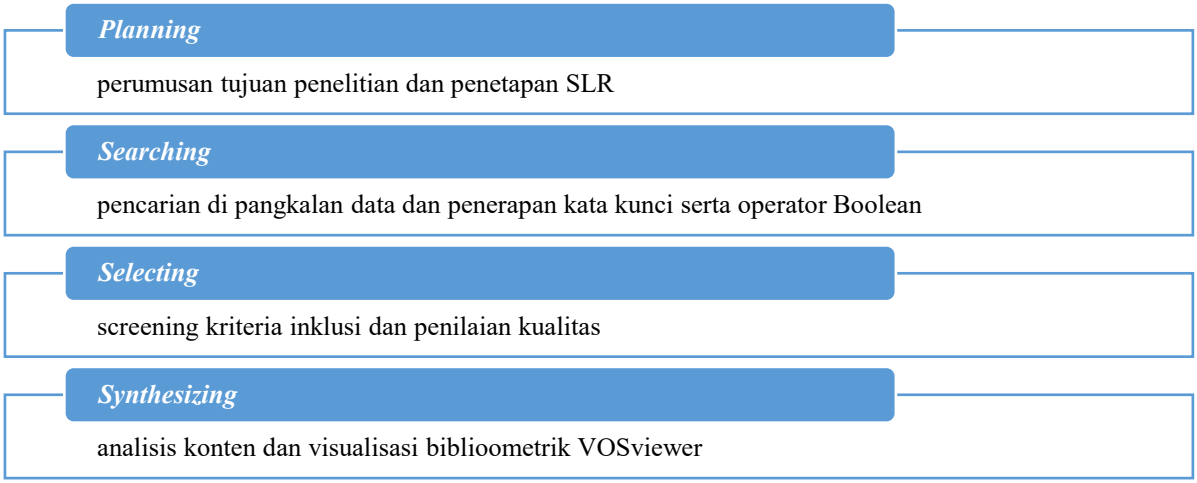
Meskipun keefektifan masing-masing media telah diterangkan dalam banyak literatur, penelitian yang ada masih memiliki sejumlah keterbatasan mendasar. Pertama, sebagian besar penelitian memiliki cakupan yang terbatas, hanya menguji satu jenis media tanpa mengukur keefektifannya dibandingkan dengan media lain. Kedua, sebuah meta-analisis mengenai penggunaan simulasi PhET mencatat tingkat heterogenitas yang tinggi pada hasil, yaitu sebesar 49% (Villaruel, 2025). Angka tersebut menunjukkan bahwa dampak PhET bervariasi secara signifikan dan bergantung pada faktor-faktor kontekstual yang belum diidentifikasi dengan jelas. Ketiga, tinjauan penggunaan AR selama dekade terakhir (2015-2025) masih berfokus pada tahap eksplorasi awal, tanpa menyediakan data perbandingan langsung terhadap platform digital lainnya (Novriandi dkk., 2026). Akibatnya, hingga saat ini, belum ada sintesis yang memadai yang membandingkan efektivitas animasi, PhET, dan AR dalam mengurangi beban kognitif dan meningkatkan literasi sains (Habibullah dkk., 2026), termasuk pemetaan jenis teknologi yang paling sesuai untuk topik fisika tertentu (Khoiriyah dkk., 2025).

Untuk mengatasi kesenjangan penelitian yang ada, artikel ini menyajikan tinjauan komprehensif yang mengintegrasikan dan membandingkan efektivitas animasi, simulasi PhET, dan realitas tertambah dalam satu analisis sistematis mengenai pembelajaran fisika. Berdasarkan permasalahan tersebut, artikel ini bertujuan untuk mensintesis temuan terkini mengenai efektivitas media pembelajaran digital seperti animasi, simulasi PhET, dan *Augmented Reality* dalam meningkatkan keterampilan literasi sains siswa pada pembelajaran fisika. Secara khusus, penelitian ini menganalisis bagaimana ketiga teknologi digital tersebut berkontribusi dalam mengurangi beban kognitif, mengasah keterampilan berpikir kritis, dan mengoptimalkan literasi sains siswa. Hasil sintesis ini diharapkan dapat memberikan landasan teoretis yang lebih komprehensif serta panduan

praktis bagi pendidik dalam memilih dan menerapkan media pembelajaran digital yang sesuai dengan kebutuhan pengajaran fisika.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode *library research* yang dipadukan dengan *Systematic Literature Review* (SLR). Desain ini dipilih untuk menghasilkan sintesis literatur yang transparan, terstruktur, dan dapat direplikasi, sesuai dengan panduan kerangka kerja Snyder (2019) yang menekankan pentingnya transparansi pada setiap tahap proses *review*. Proses SLR ini mengikuti empat tahap utama yang meliputi perencanaan (*planning*) untuk menetapkan tujuan dan pertanyaan penelitian, pencarian (*searching*) literatur secara sistematis di pangkalan data ilmiah, seleksi (*selecting*) artikel berdasarkan relevansi dan kualitas, serta sintesis (*synthesizing*) temuan untuk menjawab pertanyaan penelitian. Melalui pendekatan ini, alur kajian dari penentuan pertanyaan penelitian hingga penarikan kesimpulan dapat dipetakan secara terukur sebagaimana disajikan pada Gambar 1.



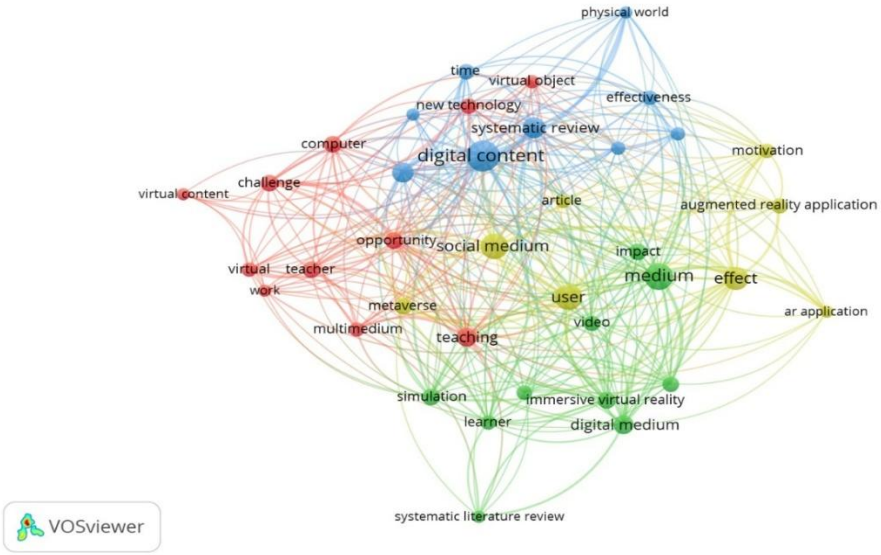

**Gambar 1.** Diagram Alur Penelitian

Objek penelitian ini berupa artikel ilmiah bereputasi yang memuat topik penggunaan media pembelajaran digital, literasi sains, dan pendidikan fisika. Prosedur pencarian literatur dilakukan secara sistematis pada pangkalan data Google Scholar, ResearchGate, dan DOAJ menggunakan operator Boolean seperti ("digital learning media" OR "augmented reality") AND ("science literacy" AND "physics education"). Kelayakan data diukur berdasarkan kriteria inklusi yang ketat, yaitu artikel yang dipublikasikan dalam kurun waktu 2018-2025, berstatus *peer-reviewed*, ditulis dalam bahasaIndonesia atau Inggris, serta dapat diakses secara *full-text*. Sementara itu, kriteria eksklusi membatasi artikel yang tidak relevan, *editorial*, berupa opini, maupun *grey literature* tanpa metodologi yang jelas.

Tahap analisis data menggabungkan dua instrumen, kualitatif dan kuantitatif-biblioometrik untuk memperkuat validitas temuan. Pertama, analisis konten kualitatif dilakukan mengikuti kerangka Krippendorff (2018) melalui tahap pengkodean, pengkategorian, dan penafsiran tema utama terkait efektivitas digital. Kedua, analisis bibliometrik dijalankan menggunakan perangkat lunak VOSviewer untuk memetakan jaringan ko-okurensi kata kunci, pola klaster, serta tren perkembangan riset secara visual. Proses visualisasi mengikuti langkah-langkah standar VOSviewer, yaitu impor data bibliografik, penentuan *threshold* kemunculan kata kunci, dan interpretasi peta jaringan yang dihasilkan. Kombinasi keduua teknik analisis tersebut memastikan bahwa temuan yang dihasilkan tidak hanya mendalam secara kontestual, tetapi juga terstruktur secara tren literatur.

Penelitian ini tidak melibatkan partisipan manusia maupun hewan, serta tidak menggunakan data pribadi yang dapat mengidentifikasi individu atau materi lain yang memerlukan persetujuan etik formal. Oleh karena itu, persetujuan etik formal (*Ethical Clearance*) tidak diperlukan berdasarkan ketentuan institusional yang berlaku.

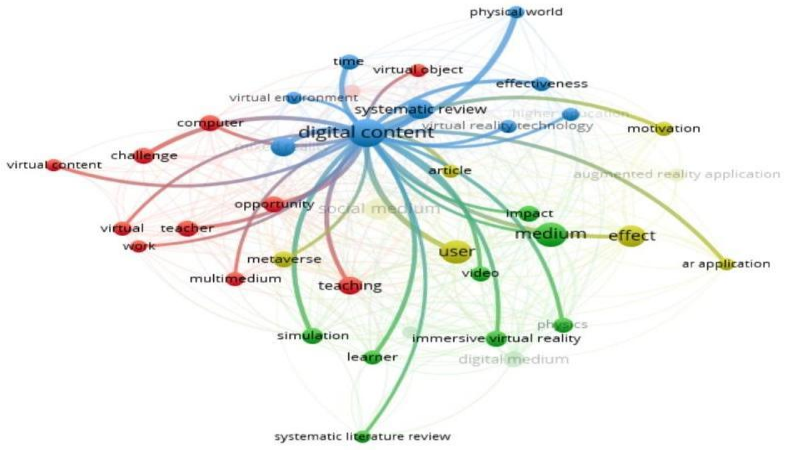
## HASIL DAN PEMBAHASAN




**Gambar 2.** Visualisasi Jaringan (*Network Visualization*) Kata Kunci Media Digital Secara Keseluruhan

Gambar 2 menampilkan pemetaan bibliometrik menggunakan perangkat lunak *VOSviewer* yang memperlihatkan keterhubungan kata kunci dalam penelitian media digital pada pendidikan fisika. Node berukuran besar seperti *digital content*, *teaching*, dan *medium* menunjukkan frekuensi tinggi serta peran sentral dalam jaringan penelitian. Warna klaster yang berbeda (biru, merah, hijau, kuning) merepresentasikan domain tematik yang saling berhubungan, misalnya klaster biru berfokus pada konten digital dan efektivitasnya, sedangkan klaster merah menyoroti aspek pedagogis dan tantangan guru dalam mengintegrasikan teknologi. Hubungan antar-node yang ditunjukkan oleh garis penghubung menegaskan adanya ko-eksistensi konsep, di mana media digital tidak hanya dipandang sebagai alat bantu teknis, tetapi juga sebagai instrumen pedagogis yang memengaruhi motivasi, interaksi, dan hasil belajar siswa (Radianti dkk., 2020; Snyder, 2019).

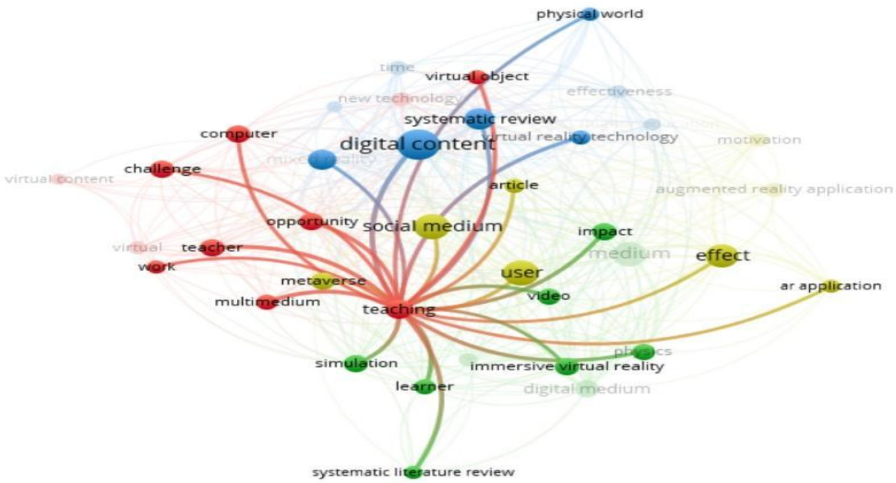
Secara ilmiah, visualisasi ini mengindikasikan pergeseran paradigma penelitian dari penggunaan media konvensional menuju ekosistem digital yang imersif dan multimodal. Klaster hijau yang menekankan *user* dan *immersive virtual reality* menunjukkan orientasi penelitian pada pengalaman belajar yang mendalam (Yang dkk., 2024), sementara keterhubungan dengan kata kunci seperti *systematic literature review* menegaskan landasan metodologis yang kuat dalam kajian ini. Dengan demikian, Gambar 1 tidak hanya berfungsi sebagai representasi jaringan kata kunci, tetapi juga sebagai peta konseptual yang memperlihatkan arah perkembangan penelitian media digital dalam pendidikan fisika, di mana integrasi teknologi imersif diposisikan sebagai solusi strategis untuk mengatasi beban kognitif dan meningkatkan literasi sains siswa (Bond dkk., 2025; Almasri, 2024).




**Gambar 3.** Visualisasi Kata Kunci Terseleksi pada Klaster Biru

Gambar 3 memperlihatkan klaster biru dengan kata kunci *digital content* sebagai node sentral yang memiliki ukuran dominan, menandakan frekuensi tinggi serta pengaruh besar dalam jaringan penelitian. Hubungan erat dengan kata kunci *physical world*, *effectiveness*, dan *systematic review* menunjukkan bahwa fokus utama penelitian diarahkan pada efektivitas konten digital dalam mengintegrasikan pengalaman virtual ke dalam dunia nyata. Hal ini menegaskan bahwa media digital tidak hanya berfungsi sebagai sarana visualisasi, tetapi juga sebagai instrumen pedagogis yang mampu memperkuat keterhubungan antara konsep abstrak fisika dengan konteks empiris. Keterhubungan dengan *virtual environment* dan *virtual reality technology* memperlihatkan bahwa penelitian kontemporer telah bergerak menuju ekosistem pembelajaran imersif yang berbasis pada pengalaman interaktif siswa (Radianti dkk., 2020; Razilu dkk., 2023).

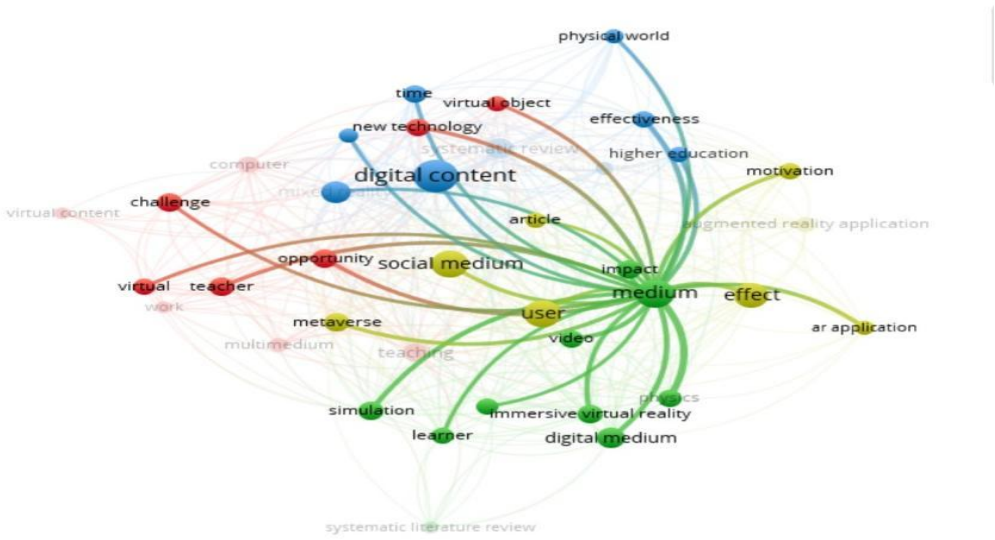
Secara ilmiah, klaster biru ini merepresentasikan fondasi teoritis dan metodologis dalam pengembangan media digital untuk pendidikan fisika. Dominasi node *systematic review* menandakan bahwa pengembangan konten digital telah didukung oleh kajian literatur yang komprehensif dan metodologi yang mapan (Snyder, 2019). Selain itu, keterhubungan dengan kata kunci *motivation* menunjukkan bahwa penelitian tidak hanya menekankan aspek kognitif, tetapi juga dimensi afektif siswa. Hal ini sejalan dengan temuan Bond dkk. (2025) yang menyoroti peran teknologi imersif dalam meningkatkan keterlibatan dan motivasi belajar di pendidikan tinggi. Dengan demikian, Gambar 2 menegaskan bahwa konten digital berperan sebagai jembatan konseptual yang menghubungkan teknologi virtual dengan realitas fisik, sekaligus memperkuat efektivitas pembelajaran melalui peningkatan motivasi dan keterlibatan siswa.




**Gambar 4.** Visualisasi Kata Kunci Terseleksi pada Klaster Merah

Gambar 4 memperlihatkan klaster merah dengan kata kunci *teaching* sebagai node sentral yang menghubungkan aspek pedagogis dengan tantangan teknologi dalam ekosistem digital. Dominasi node ini, yang berinteraksi kuat dengan kata kunci *teacher*, *computer*, *challenge*, dan *opportunity*, menunjukkan bahwa fokus utama penelitian diarahkan pada dinamika implementasi teknologi di ruang kelas. Hal ini menegaskan bahwa keberhasilan integrasi media digital tidak hanya bergantung pada kualitas teknologi, tetapi juga pada kesiapan pedagogis guru dalam menghadapi hambatan teknis dan infrastruktur. Keterhubungan dengan kata kunci seperti *virtual content* dan *metaverse* menandakan bahwa transformasi menuju lingkungan pembelajaran berbasis dunia virtual memunculkan konsekuensi baru, di mana beban kerja guru serta kapasitas adaptasi mereka menjadi faktor penentu keberhasilan inovasi (Fairi dkk., 2025; Radianti dkk., 2020).

Secara ilmiah, klaster merah ini merepresentasikan dimensi operasional pendidikan yang menyoroti peran guru sebagai mediator utama dalam mengintegrasikan teknologi digital ke dalam praktik mengajar. Penelitian terbaru menekankan bahwa kesiapan guru, baik dari segi kompetensi digital maupun strategi pedagogis, sangat menentukan efektivitas pembelajaran berbasis teknologi (Bond dkk., 2025). Selain itu, keterhubungan dengan kata kunci *work* dan *opportunity* menunjukkan adanya peluang besar untuk mengembangkan model pembelajaran inovatif, namun tetap dibatasi oleh kesiapan infrastruktur dan kebijakan pendidikan. Dengan demikian, Gambar 3 menegaskan bahwa aspek pedagogis dalam klaster merah bukan sekadar pelengkap teknologi, melainkan inti dari keberhasilan transformasi digital dalam pendidikan fisika, di mana guru berperan sebagai penghubung antara inovasi teknologi dan pencapaian tujuan pembelajaran (Razilu dkk., 2023).




**Gambar 5.** Visualisasi Kata Kunci Terseleksi pada Klaster Hijau

Gambar 5 memperlihatkan klaster hijau dengan kata kunci *medium* sebagai poros utama yang menghubungkan infrastruktur digital dengan pengalaman pengguna dalam konteks pembelajaran imersif. Node yang signifikan seperti *user*, *learner*, *video*, dan *immersive virtual reality* menunjukkan bahwa penelitian dalam klaster ini berfokus pada pemilihan serta optimalisasi media digital untuk menciptakan lingkungan belajar yang mendalam. Keterhubungan dengan kata kunci *impact* dan *digital medium* menandakan adanya upaya sistematis untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan teknologi simulasi dan VR terhadap efektivitas proses kognitif siswa. Hal ini sejalan dengan tren global yang menekankan pentingnya integrasi media interaktif dalam meningkatkan keterlibatan dan hasil belajar (Radianti dkk., 2020; Razilu dkk., 2023).

Secara ilmiah, klaster hijau merepresentasikan dimensi teknis dan fungsional dari media pembelajaran digital. Fokus pada *immersive virtual reality* dan *simulation* menegaskan bahwa penelitian kontemporer tidak hanya menyoroti aspek visualisasi, tetapi juga pengalaman interaktif yang mampu mereduksi beban kognitif siswa. Studi Hasanah dan Mardikaningtyas (2025) menunjukkan bahwa AR dapat meningkatkan penguasaan konsep dan keterampilan berpikir evaluatif, sementara Bond dkk. (2025) menekankan bahwa teknologi imersif berperan penting dalam meningkatkan motivasi dan keterlibatan di pendidikan tinggi. Dengan demikian, Gambar 4 menegaskan bahwa integrasi berbagai saluran digital diarahkan untuk memfasilitasi interaksi yang lebih interaktif dan berdampak nyata bagi pengguna, sekaligus memperkuat literasi sains dalam ekosistem pendidikan modern.

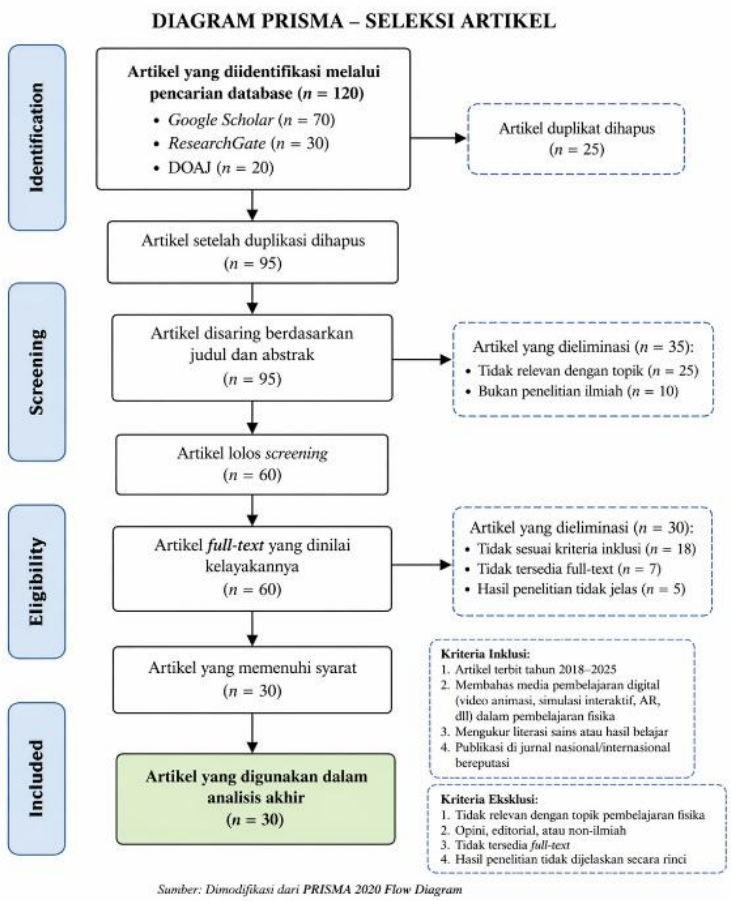
**Tabel 1.** Sintesis dan Komparasi Efektivitas Media Pembelajaran Digital pada Materi Fisika

| Penulis (Tahun) | Jenis Media | Fokus Temuan |
|---|---|---|
| Samitra dkk. (2023) | *PhET Simulation* | Meningkatkan pemahaman konsep hokum Newton secara signifikan. |
| Wulandari dkk. (2023) | *Augmented Reality* | Mengurangi beban kognitif pada materi optika geometri. |
| Fan dkk. (2024) | *Digital Animation* | Efektif dalam meningkatkan literasi sains dan motivasi belajar. |
| Bond dkk. (2025) | *AI dan Immersive Tech* | Memberikan dampak signifikan pada pendidikan tinggi melalui tinjauan sistematis teknologi imersif. |
| Hasanah dan Mardikaningtyas (2025) | *Augmented Reality* | Meningkatkan penguasaan konsep, motivasi, dan keterampilan berpikir evaluatif siswa pada materi fisika. |
| Ula dkk. (2025) | *PhET Simulation* | Efektif dalam meningkatkan literasi sains dan pemahaman konsep pada materi Hukum Newton. |
| Hasbullah dkk. (2020) | *STEM-based Learning* | Meningkatkan pemahaman konsep termodinamika dengan kenaikan skor N-gain yang signifikan. |

Tabel 1 menyajikan sintesis dari berbagai penelitian yang menggunakan media digital dalam pembelajaran fisika, dengan fokus pada efektivitas masing-masing teknologi. Data menunjukkan bahwa simulasi PhET (Samitra dkk., 2023) konsisten meningkatkan Pemahaman konsep hukum Newton, sementara

Augmented Reality (Wulandari dkk., 2023; Hasanah dan Mardikaningtyas, 2025) terbukti efektif dalam mengurangi beban kognitif dan memperkuat keterampilan berpikir evaluatif siswa. Animasi digital (Fan dkk., 2024) berkontribusi pada peningkatan motivasi dan literasi sains, sedangkan pembelajaran berbasis STEM (Hasbullah dkk., 2020; Tene dkk., 2024) memberikan dampak signifikan pada pemahaman konsep termodinamika melalui peningkatan skor N-gain. Temuan ini memperlihatkan bahwa setiap jenis media memiliki keunggulan spesifik yang dapat disesuaikan dengan karakteristik materi fisika yang diajarkan.

Secara ilmiah, Tabel 1 menegaskan bahwa pemilihan media digital harus mempertimbangkan kesesuaian dengan tujuan pembelajaran dan kompleksitas materi. Integrasi teknologi imersif seperti VR dan AR (Unayah dkk., 2024; Bond dkk., 2025) membuka peluang besar untuk menciptakan pengalaman belajar multimodal yang lebih interaktif, sekaligus mendukung literasi sains di era digital. Kajian sistematis terbaru menekankan bahwa efektivitas media digital tidak hanya bergantung pada aspek teknis, tetapi juga pada kesiapan pedagogis guru dan dukungan infrastruktur (Radianti dkk., 2020; Razilu dkk., 2023). Dengan demikian, Tabel 1 berfungsi sebagai bukti empiris yang memperkuat urgensi transformasi pembelajaran fisika dari metode konvensional menuju ekosistem digital yang adaptif, interaktif, dan berbasis pada teori beban kognitif.




**Gambar 6.** Diagram Grafik Persentase Peningkatan Efektivitas Media Digital pada Pembelajaran Fisika

Gambar 6 menampilkan representasi kuantitatif mengenai persentase peningkatan efektivitas berbagai media digital dalam pembelajaran fisika. Grafik ini menunjukkan bahwa teknologi Augmented Reality (AR) dan simulasi interaktif seperti PhET memberikan kontribusi paling konsisten dalam mereduksi *extraneous cognitive load* pada materi abstrak (Widyawati dan Sugianto, 2025), misalnya listrik statis dan optik geometri. Visualisasi tiga dimensi yang dihadirkan AR memungkinkan siswa untuk memahami fenomena mikroskopis yang sulit dijelaskan dengan media konvensional, sehingga meningkatkan keterlibatan dan pemahaman konsep (Novriandi dkk, 2026). Hal ini menegaskan bahwa media digital berbasis interaktivitas memiliki keunggulan dalam mengatasi keterbatasan representasi abstrak yang sering menjadi hambatan dalam pembelajaran fisika.

Selain itu, grafik memperlihatkan bahwa integrasi *Problem-Based Learning* (PBL) dan pendekatan STEM berbasis media digital juga memberikan dampak signifikan terhadap keterampilan inkuiri dan literasi sains siswa. Model pembelajaran ini tidak hanya meningkatkan hasil kognitif, tetapi juga melatih kemampuan

berpikir kritis dan evaluatif yang esensial dalam pendidikan abad ke-21. Penelitian terbaru menekankan bahwa kombinasi antara simulasi digital dan pendekatan berbasis masalah mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna, karena siswa terlibat langsung dalam eksplorasi konsep melalui media interaktif (Nurhasana dkk., 2025). Dengan demikian, Gambar 5 memperlihatkan bahwa efektivitas media digital tidak hanya terletak pada visualisasi, tetapi juga pada integrasi metodologi pembelajaran aktif.

Secara ilmiah, Gambar 5 menegaskan bahwa transformasi digital dalam pembelajaran fisika berperan sebagai katalisator peningkatan literasi sains siswa. Tren global menunjukkan bahwa penggunaan media imersif seperti VR/AR dan simulasi interaktif mampu meningkatkan motivasi, keterlibatan, serta hasil belajar secara signifikan (Sakr dan Abdullah, 2024; Alabi dkk. 2023). Grafik ini sekaligus memperkuat argumen bahwa pemanfaatan media digital harus diposisikan sebagai strategi utama dalam modernisasi pendidikan fisika, dengan mempertimbangkan kesiapan infrastruktur dan kompetensi pedagogis guru. Dengan demikian, Gambar 5 tidak hanya menyajikan data persentase efektivitas, tetapi juga menjadi bukti empiris bahwa media digital merupakan instrumen strategis untuk menjawab tantangan pembelajaran di era 4.0.

Analisis bibliometrik menggunakan VOSviewer mengungkap tren penelitian yang mengarah pada ekosistem pembelajaran imersif dan multimodal, sementara sintesis data pada Tabel 1 dan visualisasi grafis pada Gambar 5 menegaskan dampak positif yang konsisten dari teknologi digital dalam mengurangi beban kognitif dan meningkatkan hasil belajar. Temuan ini sejalan dengan kerangka Teori Beban Kognitif, yang menegaskan bahwa representasi visual yang terstruktur dapat mengurangi beban kognitif yang tidak relevan, sehingga membebaskan kapasitas memori kerja untuk memproses informasi abstrak (Sweller, 2020; Rachmawati dan Supardi, 2021). Integrasi animasi papan tulis secara efektif membantu siswa mengatur proses berpikir linier mereka (Türkay, 2016). Sementara itu, simulasi PhET telah terbukti memfasilitasi eksplorasi variabel secara mandiri, yang secara langsung memperkuat pemahaman siswa terhadap konsep-konsep dasar (Sukardiyono, 2025; Villaruel, 2025). Dalam ranah media imersif, Augmented Reality (AR) menambahkan dimensi baru dengan memvisualisasikan fenomena fisika makro dan mikro dalam tiga dimensi (Zuo dkk., 2020; Inayah dkk., 2022). Penggunaan terpadu dari berbagai media ini telah terbukti meningkatkan keterlibatan, motivasi, dan keterampilan pemecahan masalah siswa (Radianti dkk., 2020; Zhang dkk., 2024; Ziaul-Haq dkk., 2025). Meskipun demikian, efektivitas media digital tidak seragam; keberhasilan penerapannya sangat bergantung pada kesiapan pedagogis guru dan dukungan infrastruktur sekolah (Novriandi dkk., 2026; Khoiriyah dkk., 2025; Habibullah dkk., 2026).

Meskipun penelitian ini menyajikan sintesis yang komprehensif, penelitian ini memiliki keterbatasan karena terbatas pada artikel open access yang terindeks dalam pangkalan data tertentu pada rentang waktu publikasi 2018-2025, sehingga berpotensi melewatkan studi relevan di balik *paywall* mapun *grey literature*. Selain itu, sebagian besar artikel yang dianalisis berfokus pada dampak jangka pendek (*short-term impact*), sehingga tidak dapat memetakan retensi pemahaman konseptual dan literasi sains siswa dari waktu ke waktu. Untuk penelitian di masa mendatang, disarankan agar studi-studi berikutnya melakukan eksperimen empiris berdasarkan uji coba terkontrol acak yang secara langsung membandingkan (*head-to-head*) efektivitas platform digital secara *real-time* di dalam kelas. Penyertakan variabel moderator, seperti tingkat literasi digital awal siswa, jenis kelamin, dan ketimpangan regional dalam akses infrastruktur juga sangat disarankan untuk menghasilkan rekomendasi implementasi yang lebih terukur, objektif, dan adaptif.

Temuan penelitian ini memberikan kontribusi strategis bagi penguatan literasi sains dalam pendidikan fisika di era digital. Secara teoretis, sintesis ini memperluas pemahaman kita tentang bagaimana konvergensi teknologi visual dan imersif dapat diubah menjadi desain pedagogis yang responsif terhadap kapasitas kognitif siswa. Bagi praktisi pendidikan dan pembuat kebijakan, hasil studi ini memberikan pedoman berbasis bukti untuk merancang kurikulum fisika dan modul pembelajaran berbasis teknologi digital yang efisien. Pada tingkat yang lebih luas, integrasi media digital yang terarah diproyeksikan dapat menghilangkan stigma bahwa fisika adalah mata pelajaran yang terlalu abstrak dan sulit, sehingga mendorong peningkatan literasi sains nasional dan menumbuhkan generasi dengan keterampilan penalaran ilmiah yang kuat untuk mengatasi tantangan global.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil tinjauan sistematis terhadap literatur dalam kurun waktu 2018–2025 dan analisis bibliometrik VOSviewer, dapat disimpulkan bahwa integrasi media pembelajaran digital, seperti *Augmented Reality* (AR), simulasi PhET, animasi digital, dan laboratorium virtual terbukti efektif dalam mereduuksi beban kognitif, memperkuat keterampilan literasi sains, pemahaman konsep abstrak, serta motivasi belajar siswa pada pembelajaran fisika. Temuan ini menegaskan bahwa keberhasilan transformasi digital tidak hanya bergantung

pada keunggulan fitur-fitur teknologi yang imersif dan multimodal, tetapi juga dipengaruhi oleh kesiapan pedagogis guru serta ketersediaan infrastruktur sekolah yang memadai. Meskipun demikian, hasil sintesis dan pemetaan jaringan penelitian dalam studi ini berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut dalam penelitian di masa depan melalui pengujian empiris langsung di kelas, pemetaan kesesuaian media untuk topik-topik fisika tertentu, serta integrasi *Artificial Intelligence* (AI) dan sensor data real-time untuk menciptakan ekosistem pembelajaran fisika yang adaptif dan dapat dipersonalisasi.

## KONTRIBUSI PENULIS

**Sofi Nurul Jannah**: Conceptualization, Methodology, dan Writing - Original Draft; **Alfiah Nur Azizah**: Data Curation dan Formal Analysis; **Ahmad Arifin Arwan**: Investigation dan Visualization; **Dzakiyyah Maulida Nafisawati**: Writing - Review & Editing; **Rinda Rahmanisa Sasmi**: Supervision, Validation, dan Writing - Review & Editing; serta **Nurita Apridiana Lestari**: Supervision, Validation, dan Writing - Review & Editing. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi akhir dari naskah ini.

## PERNYATAAN KETERSEDIAAN DATA

Data yang mendukung temuan dalam penelitian ini tersedia dengan mengikuti ketentuan akses yang berlaku. Bergantung pada karakteristik data, akses dapat diberikan secara terbuka kepada publik atau berdasarkan permintaan yang wajar, kecuali jika terdapat pembatasan terkait etika, hukum, privasi, atau ketentuan institusional.

## PERNYATAAN BEBAS KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan finansial maupun hubungan pribadi yang dapat memengaruhi hasil yang dilaporkan dalam naskah ini.

## PERNYATAAN ETIKA PENELITIAN DAN PUBLIKASI

Para penulis menyatakan bahwa penelitian dan penulisan naskah ini telah mematuhi standar etika penelitian dan publikasi, sesuai dengan prinsip ilmiah, serta bebas dari plagiasi.

## PERNYATAAN PEMANFAATAN TEKNOLOGI ASISTIF

Para penulis menyatakan bahwa Kecerdasan Buatan Generatif (Generative Artificial Intelligence) dan teknologi asistif lainnya tidak digunakan secara berlebihan dalam proses penelitian dan penulisan naskah ini. Secara khusus, Blackbox AI digunakan untuk membantu penelusuran referensi awal dan pemetaan literatur yang relevan; Grammarly untuk pemeriksaan tata bahasa serta penyelarasan struktur kalimat agar lebih efektif; serta Gemini dan ChatGPT untuk membantu penyusunan ringkasan abstrak dan pengecekan konsistensi istilah teknis. Para penulis telah meninjau dan menyunting semua konten yang dihasilkan AI guna memastikan ketepatan, kelengkapan, serta kepatuhan terhadap standar etika dan ilmiah. Tim Penulis bertanggung jawab penuh atas naskah versi akhir.

## DAFTAR PUSTAKA

Adari, M.D., Kencana, M., dan Fajrina, S. (2025). Peran teknologi pembelajaran terhadap motivasi dan kognisi peserta didik: Tinjauan dalam konteks psikologi pendidikan. *Jurnal Cahaya Edukasi*, **2**(4), 100-107. DOI: https://doi.org/10.63863/jce.v2i4.153.

Alabi, A.H.A., Mohammed, R.E., dan Yusuf, A.A. (2023). Gender influence of PhET simulation on students' score level. *Physics Education Research Journal,* **5**(2), 61-68. DOI: https://doi.org/10.21580/perj.2023.5.2.14141.

Almasri, F. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence in teaching and learning of science: A systematic review of empirical research. *Research in Science Education,* **54**, 977–997. DOI: https://doi.org/10.1007/s11165-024-10176-3.

Andriani, W., Kaniawati, I., Suhyani, N.O., Afandi, A., dan Wati, E. (2025). Exploring the potential of augmented reality and virtual reality in physics education: A systematic review of innovations and educational impact. *The Eurasia Proceedings of Educational and Social Sciences,* **46**, 150–162. DOI: https://doi.org/10.55549/epess.975.

Bond, M., Zawacki-Richter, O., dan Nichols, M. (2025). The impact of artificial intelligence and immersive technologies on higher education: A systematic review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education,* **22**(1), 45–62. DOI: https://doi.org/10.22329/jtl.v19i4.9849.

Fairi, N.N., Diwangga, B.P., Alpia, N., dan Destiyan, S. (2025). Challenges and opportunities in implementing a digital curriculum in schools: A perspective on teacher readiness, infrastructure, and students' learning behavior. *TOFEDU: The Future of Education Journal,* **4**(8), 4679-4684. DOI: https://doi.org/10.61445/tofedu.v4i8.1068.

Fan, M.-R., Tran, N.-H., Nguyen, L.-H.-P., dan Huang, C.-F. (2024). Effects of outdoor education on elementary school students' perception of scientific literacy and learning motivation. *European Journal of Educational Research*, **13**(3), 1353-1363. DOI: https://doi.org/10.12973/eu-jer.13.3.1353.

Habibullah, H., Azzarkasyi, M., Rizal, S., dan Saminan, N.F. (2026). The effectiveness of using PhET simulation media to improve science literacy among high school students on Pulau Banyak. *Proceedings of International Conference on Multidiciplinary Research*, **8**(1), 149-155. DOI: https://doi.org/10.32672/picmr.v8i1.4228.

Hasanah, U. dan Mardikaningtyas, R.P. (2025). Analisis pengaruh media pembelajaran augmented reality terhadap pemahaman konsep fisika siswa. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan (JIWP),* **11**(2), 392-400. Retrieved from: https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/13495.

Hasbullah, A., Parno, P., dan Sunaryono, S. (2020). Efikasi diri siswa dalam pembelajaran proyek berbasis STEM pada materi termodinamika. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, **5**(3), 421-426. DOI: https://doi.org/10.17977/jptpp.v5i3.13325.

Inayah, S., Herman, T., Juandi, D., Pahmi, S., Sugiarni, R., Supriyadi, E., Fauuzi, A.L., Iskandar, R.S.F., Mahmudin, M., dan Junfitharana, A.P. (2022). Sosialisasi penggunaan teknologi virtual reality dan augmented reality dalam pembelajaran untuk menyongsong era metaverse. *Abdi Nusa: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, **2**(3), 134-140. DOI: https://doi.org/10.52005/abdinusa.v2i3.99.

Jaya, H., Hambali, M., dan Fakhrurrozi, F. (2023). Transformasi pendidikan: Peran pendidikan berkelanjutan dalam menghadapi tantangan abad ke-21. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran,* **6**(4), 2416-2422. Retrieved from: https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jrpp/article/view/21907

Khoiriyah, S., Latifah, S., dan Wiliyanti, V. (2025). Development of augmented reality (AR) physics learning media based on STEM-R for students' concept understanding. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika,* **16**(4), 362–373. DOI: https://doi.org/10.26877/jp2f.v16i4.2803.

Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology* (4th ed.). SAGE Publications.

Novriandi, N. Hafizul, H., Amizi, D.S., Nurazila, A., Indrawati, E.S., dan Lelfita, L. (2026). Systematic literature review: Penggunaan augmented reality dalam pembelajaran fisika di sekolah dasar. *Pendas: Jurnal Pendidikan Dasar*, **11**(1), 161-170. Retrieved from: https://journal.unpas.ac.id/index.php/pendas/article/view/40536.

Nurhasana, Rosana, D., dan Kuswanto, H. (2025). Analysis of the influence of utilizing STEM-based physics learning media: A systematic literature review. *International Journal of Technology in Education and Science,* **10**(2), 344-359. DOI: https://doi.org/10.46328/ijtes.6658.

Rachmawati, T.N. dan Supardi, Z.A.I. (2021). Analisis model conceptual change dengan pendekatan konflik kognitif untuk mengurangi miskonsepsi fisika dengan metode library research. *PENDIPA Journal of Science Education*, **5**(2), 133–142. DOI: https://doi.org/10.33369/pendipa.5.2.133-142.

Radianti, J., Majchrzak, T.A., Fromm, J., dan Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education,* **147***,* 103778. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778.

Razilu, Z., Sulfasyah, S., dan Nappu, S. (2025). Mapping global research trends in interactive learning media: A bibliometric analysis of scopus publications (2021-2025). *PPSDP International Journal of Education*, **4**(2), 313–328. DOI: https://doi.org/10.59175/pijed.v4i2.743.

Sakr, A. dan Abdullah, T. (2024). Virtual, augmented reality and learning analytics impact on learners and educators: A systematic review. *Education and Information Technologies,* **29**, 19913-19962. DOI: https://doi.org/10.1007/s10639-024-12602-5.

Samitra, D., Firdaus, M.L., dan Krisnawati, Y. (2023). Physics education technology project (PhET): Interactive simulation to improve students' understanding of concepts and perceptions. *Jurnal Paedagogy,* **10***(3)*, 646–654. DOI: https://doi.org/10.33394/jp.v10i3.7879.

Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research,* **104***,* 333–339. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039.

Sukardiyono, S., Perdana, R., Putriana, R., Pradana, P.W., dan Jumadi, J. (2025). The effectiveness of the Phet-assisted learning cycle 5e model to improve students' critical thinking skills and science literacy on the

topic of sound waves. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, **11**(7), 1203–1214. DOI: https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i7.10902.

Sweller, J. (2020). Cognitive load theory and educational technology. *Educational Technology Research and Development,* **68**(1), 1-16. DOI: https://doi.org/10.1007/s11423-019-09701-3.

Tene, T., Tixi, J.A.M., Robalino, M.L.P., Salazar, M.J.M., Gomez, C.V., dan Bellucci, S. (2024). Integrating immersive technologies with STEM education: A systematic review. *Frontiers in Education*, **9**, 1410163. DOI: https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1410163.

Türkay, S. (2016). The effects of whiteboard animations on retention and subjective experiences when learning advanced physics topics. *Computers & Education*, **98**, 102-114. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.004.

Ula, A.S., Aulia, E.V., dan Mahdiannur, M.A. (2025). Efektivitas penggunaan simulasi PhET dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan pemahaman konsep hukum newton pada siswa SMA. (2025). *Jurnal Cahaya Edukasi*, **2**(4), 74-78. DOI: https://doi.org/10.63863/jce.v2i4.148.

Unayah, H., Rasyid, M., Suyanta, S., Wilujeng, I., dan Rahmawati, L. (2024). A recent study on flipbook as media implementation in science education in digital age: A systematic literature review. *Unnes Science Education Journal,* **13**(3), 248-258. DOI: https://doi.org/10.15294/usej.v13i3.17200.

Villaruel, S.A.L. (2025). Physics education technology (PhET) interactive simulations in learning selected topics in physics among college students. *American Journal of Education and Technology*, **4**(3), 12-21. DOI: https://doi.org/10.54536/ajet.v4i3.4512.

Widyawati, R. dan Sugianto. (2025). Media pembelajaran majalah fisika dengan augmented reality: Inovasi untuk literasi sains peserta didik. *Unnes Physics Education Journal,* **14**(2), 211-222. DOI: https://doi.org/10.15294/upej.v14i2.26419.

Wulandari, N., Adha, E.H., dan Setiaji, B. (2023). Pengembangan media pembelajaran berbasis augmented reality pada materi optika geometri. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran Fisika Indonesia*, **4**(1), 22-26. DOI: https://doi.org/10.29303/jppfi.v4i1.164.

Yang, C., Zhang, J., Hu, Y., Yang, X., Chen, M., dan Shan, M. (2024). The impact of virtual reality on practical skills for students in science and engineering education: A meta-analysis. *International Journal of STEM Education,* **11**, 28. DOI: https://doi.org/10.1186/s40594-024-00487-2.

Zhang, Y., Feijoo-Garcia, M.A., Gu, Y., Popescu, V., Benes, B., dan Magana, A.J. (2024). Virtual and augmented reality in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: An umbrella review. *Information,* **15**(9), 515. DOI: https://doi.org/10.3390/info15090515

Zia-ulHaq, M., Arismunandar, A., Haris, A., dan Latief, S. (2025). Augmented reality for enhancing self-efficacy and deep learning in physics: A systematic review. *PPSDP International Journal of Education*, **4**(2), 372-380. DOI: https://doi.org/10.59175/pijed.v4i2.814.

Zuo, R., Wenling, L., dan Xuemei, Z. (2025). Augmented reality and student motivation: A systematic review (2013-2024). *Journal of Computers for Science and Mathematics Learning*, **2**(1), 38-52. DOI: https://doi.org/10.70232/jcsml.v2i1.23.