

EFEKTIVITAS LABORATORIUM VIRTUAL BERBASIS AUGMENTED REALITY DALAM MENINGKATKAN MOTIVASI BELAJAR: TINJAUAN LITERATUR

I. Trianti¹, S. Marista², R. U. Muslimah³, H. Akhsan^{4*}, I. Amri⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan, Indonesia

*Corresponding Author: hamdiakhsan@fkip.unsri.ac.id <mailto:izzahalfikry@gmail.com>

DOI: 10.24929/lensa.v16i2.868

Received: 30 Juni 2025

Revised: 13 Mei 2026

Accepted: 13 Agustus 2026

ABSTRAK

Efektivitas laboratorium virtual berbasis augmented reality dalam meningkatkan motivasi belajar: tinjauan literatur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penggunaan laboratorium virtual berbasis AR dalam meningkatkan motivasi siswa untuk belajar di bidang pendidikan sains. Kajian dilakukan melalui metode SLR dengan pendekatan PRISMA terhadap 30 artikel ilmiah yang dipublikasikan antara tahun 2019 hingga 2025 dan diperoleh dari basis data ScienceDirect serta Taylor & Francis. Analisis literatur menunjukkan bahwa integrasi AR dalam laboratorium virtual mampu memfasilitasi visualisasi konsep abstrak, meningkatkan motivasi belajar, serta mendukung pembelajaran mandiri dan fleksibel. Namun, hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa efektivitas implementasi AR dalam laboratorium virtual masih bersifat kontekstual, di mana dampak terhadap hasil belajar tidak selalu konsisten. Selain itu, keberhasilan penerapan sangat dipengaruhi oleh kesiapan pedagogis, desain pembelajaran, serta integrasi teknologi yang tepat dalam proses pembelajaran. Selain itu, motivasi belajar berperan sebagai variabel mediasi dalam hubungan antara penggunaan AR dan hasil belajar. Studi ini menyimpulkan bahwa penggunaan laboratorium virtual berbasis AR merupakan strategi pembelajaran inovatif yang efektif, tetapi memerlukan pendekatan pedagogis yang terstruktur dan dukungan teknologi yang memadai agar dapat diimplementasikan secara optimal dalam konteks pendidikan sains abad ke-21. Penelitian ini memberikan kontribusi teoretis dalam memperluas pemahaman mengenai hubungan antara penggunaan AR, motivasi belajar, dan hasil belajar.

Kata kunci: *Augmented reality*, laboratorium virtual, motivasi belajar, pendidikan sains, teknologi pembelajaran

ABSTRACT

The effectiveness of augmented reality-based virtual laboratories in enhancing learning motivation: a literature review. This study aims to analyze the effectiveness of AR based virtual laboratories in enhancing students' learning motivation in science education. The study employs a SLR using the PRISMA approach, analyzing 30 scientific articles published between 2019 and 2025 from the ScienceDirect and Taylor & Francis databases. The findings indicate that the integration of AR in virtual laboratories facilitates the visualization of abstract concepts, enhances learning motivation, and supports independent and flexible learning. However, the results also show that the effectiveness of AR implementation remains contextual, as its impact on learning outcomes is not consistently observed across studies. Furthermore, the success of implementation is influenced by several factors, including pedagogical readiness, instructional design, and appropriate technology integration. In addition, learning motivation acts as a mediating variable in the relationship between AR usage and learning outcomes. Therefore, the effective integration of AR requires a well-structured pedagogical approach and adequate technological support to ensure optimal implementation in the context of 21st-century science education. This study provides a theoretical contribution by

extending the understanding of the relationship between AR usage, learning motivation, and learning outcomes.

Keywords: *Augmented reality, learning motivation, learning technology, science education, virtual laboratory*

PENDAHULUAN

Laboratorium virtual berbasis AR dalam pendidikan sains telah menjadi pendekatan inovatif, memungkinkan praktikum interaktif tanpa keterbatasan ruang fisik. Teknologi AR menghadirkan pengalaman belajar yang lebih imersif dengan mengubah konsep abstrak menjadi visualisasi konkret, sehingga meningkatkan pemahaman dan motivasi siswa (Putra, 2024; Mardian *et al.*, 2023). AR telah banyak digunakan dalam pendidikan, namun masih terdapat ketidakpastian mengenai dampaknya terhadap motivasi belajar dan penguasaan konsep sains secara mendalam. Tinjauan literatur sistematis diperlukan untuk mengevaluasi efektivitas integrasi AR dalam laboratorium virtual serta mengidentifikasi tantangan yang masih dihadapi.

Proses pembelajaran berbasis eksperimen memungkinkan siswa mengembangkan kemampuan observasi dan analisis melalui pendekatan *learning by doing* (Tarng *et al.*, 2021). Kegiatan eksperimen mampu membuat siswa terlibat langsung dalam proses ilmiah sehingga pemahaman konsep siswa juga akan menjadi lebih mendalam dan bermakna. Pendekatan ini juga memungkinkan siswa mengulang prosedur eksperimen secara mandiri tanpa risiko, sehingga memperkuat retensi memori jangka panjang terhadap konsep yang dipelajari. Keterbatasan akses dan peralatan laboratorium nyata menjadi masalah utama dalam praktik sains, hal ini sering kali disebabkan oleh minimnya fasilitas, pengawasan yang tidak optimal, dan biaya operasional yang tinggi. Keterbatasan ini mengakibatkan siswa tidak bisa melaksanakan eksperimen nyata (Herlandy *et al.*, 2019).

Teknologi AR memungkinkan siswa membangun pemahaman secara aktif melalui interaksi langsung dengan objek virtual, sehingga selaras dengan prinsip konstruktivisme dalam pembelajaran (Alkhabra *et al.*, 2023). Menggabungkan AR dengan aktivitas laboratorium menawarkan solusi inovatif yang meningkatkan efektivitas pembelajaran serta memberikan fleksibilitas bagi siswa dalam mengeksplorasi eksperimen secara digital (Purwaningtyas *et al.*, 2022). Laboratorium virtual menawarkan alternatif yang lebih aksesibel dan minim risiko dibandingkan laboratorium fisik, mengingat seluruh prosedur dan instrumen telah terdigitalisasi dalam lingkungan simulasi yang terkontrol (Laseinde & Dada, 2023).

Penelitian mengeksplorasi penggunaan teknologi AR faktanya masih belum digunakan dengan baik dan cukup di sekolah dalam pembelajaran IPA (Vari & Bramastia, 2021). Pendidikan yang sesuai dengan kemajuan zaman saat ini, seperti penggunaan teknologi AR dalam proses pendidikan adalah salah satu metode untuk meningkatkan kualitas pembelajaran (Veronika *et al.*, 2022). Dalam penelitian Yusa *et al.*, 2023, menemukan bahwa kurangnya motivasi belajar dan hasil pembelajaran yang rendah dalam sains dapat diatasi dengan media pembelajaran berbasis AR. Melalui interaksi visual dan simulasi, AR meningkatkan keterlibatan siswa.

Pesatnya transformasi pendidikan saat ini, membuat pembelajaran online dan campuran semakin populer, terutama dalam bidang yang dibutuhkan keterampilan praktis, mendorong kebutuhan untuk tinjauan literatur menyeluruh ini (Naaziat *et al.*, 2024). Studi ini mensintesis literatur tentang penggunaan AR dalam laboratorium virtual untuk mengisi celah pengetahuan. Penelitian ini menggunakan basis data ScienceDirect dan Taylor & Francis karena keduanya merupakan jurnal internasional terkenal yang menyediakan artikel peer-review berkualitas tinggi dalam bidang pendidikan sains dan teknologi pembelajaran. Kedua basis data tersebut juga memiliki cakupan literatur yang luas dan telah terindeks dalam berbagai sistem pengindeks bereputasi, sehingga menjamin kredibilitas dan visibilitas artikel yang digunakan. Basis data ini juga fokus publikasi pada bidang pendidikan sains dan teknologi menjadikan database ini sangat relevan untuk mendukung analisis terkait integrasi AR dalam pembelajaran, yang juga didukung oleh berbagai studi sebelumnya yang menegaskan pentingnya sumber literatur bereputasi dalam penelitian pendidikan (Radianti *et al.*, 2020). Pendekatan sistematis seperti PRISMA digunakan untuk meninjau literatur yang relevan guna menghasilkan wawasan tentang efektivitas AR, kendala implementasi, serta rekomendasi

strategi optimal bagi pendidik dan peneliti dalam merancang pembelajaran berbasis teknologi yang lebih inovatif.

Laboratorium virtual berbasis AR dalam pendidikan sains semakin populer karena mampu meningkatkan interaktivitas dan realisme dalam praktikum, namun efektivitasnya dalam meningkatkan pemahaman konsep serta dampaknya terhadap motivasi belajar masih sangat perlu dikaji lebih lanjut, mengingat temuan penelitian yang ada belum terintegrasi secara komprehensif. *Systematic Literature Review* (SLR) diperlukan untuk mengintegrasikan berbagai temuan guna mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang efektivitas penggunaan AR dalam pembelajaran sains. Berdasarkan hal tersebut, dua pertanyaan utama berikut menjadi fokus penelitian ini.

1. Bagaimana pengaruh AR terhadap efektivitas praktikum di dalam laboratorium?
2. Bagaimana penggunaan AR dalam meningkatkan motivasi belajar peserta didik?

METODE

Prosedur dan Pendekatan Pencarian Literatur

Tinjauan literatur ini dilakukan dengan menggunakan metode *SLR*, yaitu metode penelitian untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis temuan dari berbagai studi secara sistematis dan terstruktur (Snyder, 2019). *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) digunakan untuk menjamin transparansi dan reproduktibilitas proses seleksi data literatur (Page *et al.*, 2021). Pencarian literatur dilakukan dengan cara sistematis dengan memanfaatkan perangkat lunak, *Publish or Perish* sebagai alat bantu dalam mengidentifikasi dan mengumpulkan publikasi ilmiah yang relevan.

Penelusuran dilakukan secara menyeluruh pada satu basis data akademik terkemuka, yaitu Sciencedirect dan Taylor & Francis ($n = 7.618$). Pemilihan kedua basis data ini didasarkan pada pertimbangan ilmiah bahwa keduanya merupakan sumber literatur bereputasi yang menyediakan artikel peer-reviewed dengan cakupan luas dalam bidang pendidikan sains dan teknologi pembelajaran. Selain itu kedua database dikenal memiliki kualitas kurasi yang baik serta indeksasi yang kuat, sehingga mampu menjamin validitas, reliabilitas, dan relevansi artikel yang digunakan dalam penelitian ini.

Proses pencarian dilakukan dengan memanfaatkan bantuan perangkat lunak Publish or Perish untuk mengidentifikasi publikasi yang sesuai dengan topik penelitian. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian diformulasikan menggunakan operator Boolean, yaitu "virtual laboratory" AND "augmented reality" untuk memperoleh hasil yang lebih spesifik dan relevan dengan fokus penelitian.

Hasil Pencarian awal menghasilkan sejumlah artikel yang kemudian diseleksi melalui beberapa tahap, yaitu penghapusan duplikat, penyaringan berdasarkan judul dan abstrak, serta evaluasi teks penuh sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Proses ini dilakukan untuk memastikan bahwa artikel yang dianalisis benar-benar sesuai dengan tujuan penelitian dan memiliki kualitas akademik yang baik.

Kriteria seleksi merupakan bagian penting dalam metode SLR karena menentukan kualitas dan relevansi artikel yang akan dianalisis. Oleh karena itu, penelitian ini menetapkan kriteria inklusi dan eksklusi secara sistematis sebagaimana dirangkum dalam tabel 1 berikut untuk memperjelas batasan studi yang digunakan.

Tabel 1. Kriteria inklusi dan eksklusi

Kriteria	Keterangan
Inklusi	1. Subjek penelitian yang dipilih harus relevan dengan AR. 2. Publikasi yang diterbitkan antara tahun 2019-2025. 3. Artikel yang dipilih berasal dari jurnal yang terindeks database akademik ternama seperti ScienceDirect dan Taylor & Francis Online. 4. Populasi yang diteliti berkaitan dengan laboratorium virtual berbasis AR.
Eksklusi	1. Subjek penelitian yang dipilih tidak relevan dengan AR. 2. Publikasi yang diterbitkan di luar rentang tahun antara 2019-2025. 3. Artikel yang dipilih bukan berasal dari jurnal yang terindeks akademik yang bereputasi baik. 4. Populasi yang diteliti tidak terkait dengan laboratorium virtual berbasis AR.

Tabel 1 menunjukkan kriteria inklusi dan eksklusi yang digunakan dalam proses seleksi literatur pada penelitian ini. Kriteria inklusi dirancang untuk memastikan bahwa artikel yang dianalisis benar-benar relevan dengan topik AR dalam konteks laboratorium virtual, memiliki rentang publikasi yang mutakhir (2019–2025), serta berasal dari sumber yang kredibel dan terindeks pada database akademik bereputasi seperti ScienceDirect dan Taylor & Francis.

Selain itu, fokus populasi penelitian juga dibatasi agar sesuai dengan konteks laboratorium virtual berbasis AR. Sementara itu, kriteria eksklusi berfungsi sebagai penyaring untuk mengeliminasi artikel yang tidak relevan, tidak memenuhi standar kualitas sumber, atau berada di luar cakupan waktu yang ditetapkan. Dengan adanya kriteria ini, proses seleksi literatur menjadi lebih sistematis, terarah, dan mampu menghasilkan sumber data yang valid serta sesuai dengan tujuan penelitian.

Berdasarkan kriteria tersebut, proses seleksi literatur dilanjutkan melalui beberapa tahapan sistematis dalam metode SLR yang disajikan pada Tabel 2. Tahapan-tahapan ini bertujuan untuk menyaring artikel secara bertahap hingga diperoleh sumber yang paling relevan dan berkualitas tinggi.

Tabel 2. Hasil seleksi tinjauan berdasarkan kriteria

Tahapan SLR	Deskripsi
Pencarian Awal	Artikel dicari menggunakan kata kunci dan operator Boolean Kata kunci: "virtual laboratory" ,"augmented reality" dikombinasikan dengan operator AND/OR." di database terpercaya seperti ScienceDirect dan Taylor & Francis Online.
Penghapusan Duplikat	Artikel yang muncul lebih dari satu kali dihapus untuk menghindari redudansi.
Penyaringan Judul dan Abstrak	Artikel disaring berdasarkan kesesuaian judul dan abstrak dengan topik penelitian.
Evaluasi Teks Penuh	Artikel yang memenuhi tahap sebelumnya dibaca dan dievaluasi secara penuh untuk menilai kesesuaian terhadap topik.
Inklusi Akhir	Artikel yang memenuhi semua kriteria akan dimasukkan ke dalam kajian akhir.

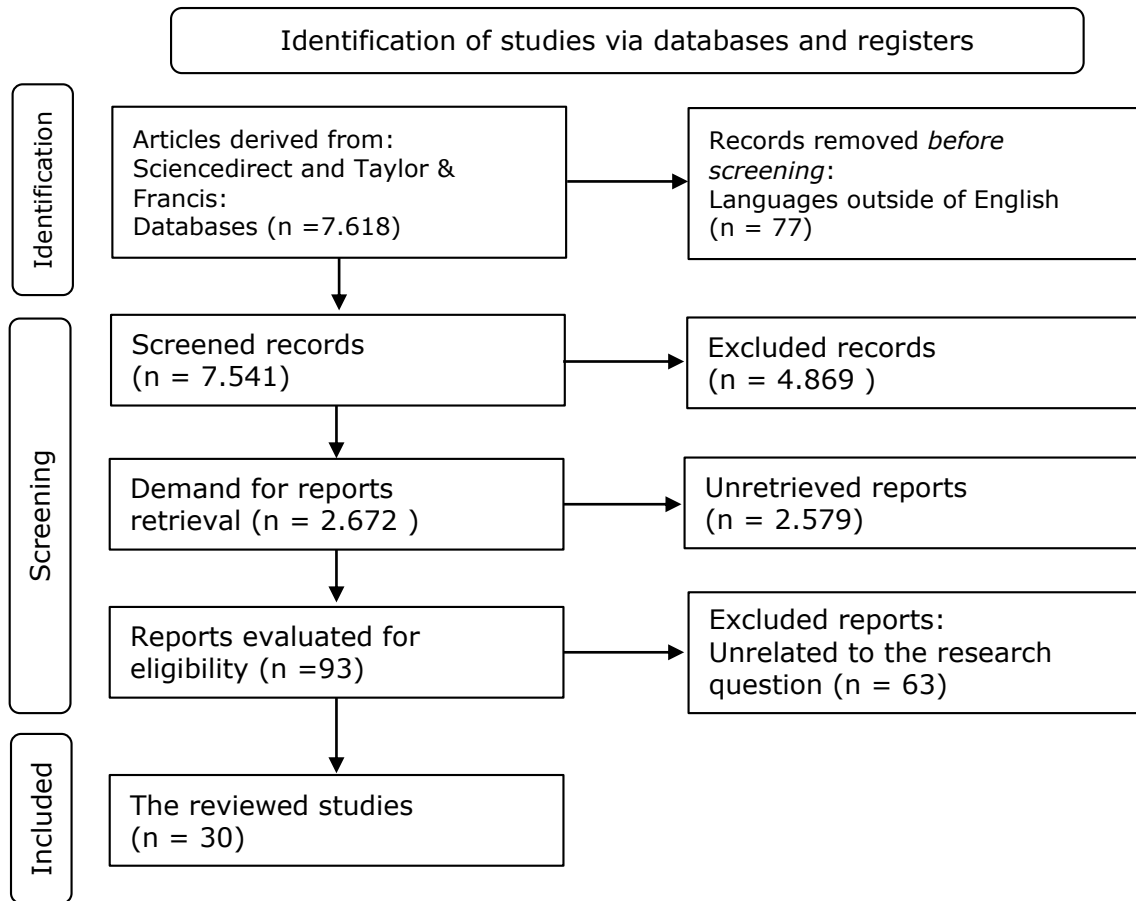
Tabel 2 menjelaskan tahapan proses SLR yang dilakukan dalam penelitian ini. Proses dimulai dari pencarian awal menggunakan kata kunci yang telah ditentukan dengan bantuan operator Boolean untuk memperoleh hasil yang spesifik dan relevan dari database ScienceDirect dan Taylor & Francis. Selanjutnya, dilakukan penghapusan duplikat untuk menghindari pengulangan data yang sama. Tahap berikutnya adalah penyaringan judul dan abstrak guna memastikan kesesuaian awal dengan topik penelitian.

Artikel yang lolos kemudian dievaluasi secara menyeluruh melalui pembacaan teks penuh untuk menilai kualitas dan relevansinya. Tahap akhir adalah inklusi, yaitu pemilihan artikel yang benar-benar memenuhi seluruh kriteria yang telah ditetapkan. Rangkaian tahapan ini menunjukkan bahwa proses SLR dilakukan secara sistematis dan transparan sehingga dapat meningkatkan keandalan hasil kajian literatur.

Tahapan Seleksi

Proses seleksi artikel dilakukan secara lebih mendalam dalam dua tahap, yaitu penyaringan awal berdasarkan judul dan abstrak, serta evaluasi lanjutan melalui pembacaan teks lengkap. Untuk menjaga objektivitas, dua peneliti melakukan proses seleksi secara independen. Apabila terjadi perbedaan pendapat, dilakukan diskusi dengan melibatkan peneliti ketiga hingga mencapai kesepakatan bersama.

Setiap artikel yang terpilih, data yang dikumpulkan meliputi nama penulis, tahun publikasi, tujuan penelitian, metode yang digunakan, serta karakteristik sampel. Data hasil ekstraksi kemudian dianalisis secara naratif untuk menjawab pertanyaan penelitian. Artikel-artikel dengan tema yang serupa dikelompokkan dan dianalisis secara deskriptif sesuai dengan fokus studi. Keseluruhan proses seleksi artikel ini divisualisasikan dalam diagram alur PRISMA sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir PRISMA

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Efektivitas AR dalam Praktikum Sains

AR memungkinkan integrasi objek digital ke dalam lingkungan nyata dalam waktu nyata, sehingga membantu siswa dalam memahami konsep ilmiah yang abstrak melalui visualisasi interaktif (Demircioglu *et al.*, 2022). Teknologi ini telah diterapkan di berbagai bidang seperti pendidikan, kedokteran, teknik, dan industri (Nababan & Harianja, 2019), menunjukkan potensinya sebagai media pembelajaran inovatif. Perangkat AR dapat mengintegrasikan konten digital yang kemudian seolah-olah masuk ke dunia nyata (Sari & Priatna, 2020). Berdasarkan sintesis dari berbagai studi, penggunaan AR dalam praktikum sains tidak hanya meningkatkan motivasi belajar, tetapi juga memberikan dampak yang berbeda pada kelompok siswa dengan karakteristik yang beragam.

Siswa dengan kemampuan akademik rendah cenderung memperoleh peningkatan pemahaman konsep yang lebih signifikan karena visualisasi AR membantu mengurangi beban kognitif dalam memahami fenomena abstrak. Sebaliknya, siswa dengan kemampuan tinggi menunjukkan peningkatan pada aspek berpikir kritis dan eksplorasi konsep yang lebih mendalam. Hal ini menunjukkan bahwa AR berperan sebagai *scaffolding tool* yang adaptif terhadap kebutuhan belajar siswa.

Selain itu, hasil belajar yang ditingkatkan tidak hanya terbatas pada aspek kognitif, tetapi juga mencakup aspek afektif dan keterlibatan belajar. Beberapa studi melaporkan peningkatan motivasi, minat, serta rasa ingin tahu siswa selama praktikum berbasis AR (Arenia *et al.*, 2022). Namun demikian, peningkatan hasil akademik tidak selalu konsisten di semua studi, terutama ketika implementasi AR tidak didukung oleh desain pembelajaran yang tepat. Dengan demikian, efektivitas AR sangat bergantung pada integrasi pedagogis yang dilakukan oleh guru.

Secara umum, pola temuan dari berbagai studi menunjukkan bahwa AR secara konsisten memberikan dampak positif terhadap motivasi belajar dan pemahaman konsep, terutama pada

materi yang bersifat abstrak. Namun, terdapat kontradiksi antar penelitian terkait pengaruhnya terhadap hasil belajar kognitif tingkat tinggi, di mana beberapa studi melaporkan peningkatan signifikan sementara studi lainnya menunjukkan hasil yang tidak berbeda secara signifikan. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa efektivitas AR tidak bersifat universal, melainkan dipengaruhi oleh konteks implementasinya.

Peran Laboratorium Virtual dalam Pendidikan

Laboratorium virtual berbasis AR berfungsi sebagai simulasi eksperimen yang menyerupai aktivitas laboratorium fisik, memberikan kesempatan kepada siswa untuk berlatih tanpa risiko cedera atau keterbatasan alat (Hanum, 2023). Metode SLR menunjukkan bahwa pemanfaatan AR dalam laboratorium virtual secara signifikan meningkatkan kualitas pembelajaran praktikum (Prawijaya *et al.*, 2023). Selain itu, AR menyediakan alternatif pembelajaran yang fleksibel dan hemat biaya bagi siswa yang tidak memiliki akses langsung ke fasilitas laboratorium konvensional (Alnagrat, 2023).

Dampak penggunaan laboratorium virtual juga bervariasi berdasarkan jenjang pendidikan. Pada tingkat sekolah menengah, AR lebih banyak berkontribusi dalam meningkatkan pemahaman konsep dasar dan motivasi belajar. Sementara itu, pada pendidikan tinggi, penggunaan AR cenderung berkontribusi pada pengembangan keterampilan metakognitif, seperti kemampuan merencanakan, memonitor, dan mengevaluasi proses belajar (Yusuf & Widyaningsih, 2020).

Selain itu, laboratorium virtual berbasis AR terbukti efektif dalam meningkatkan literasi sains, khususnya ketika dikombinasikan dengan pendekatan pembelajaran diferensiasi (Abdul *et al.*, 2024). Teknologi ini juga memberikan akses pembelajaran yang lebih inklusif bagi siswa yang memiliki keterbatasan fasilitas laboratorium fisik. Namun demikian, beberapa studi menunjukkan bahwa tanpa pendampingan yang memadai, siswa cenderung hanya berfokus pada aspek visual tanpa memahami konsep secara mendalam.

Hasil sintesis menunjukkan bahwa efektivitas laboratorium virtual berbasis AR dipengaruhi oleh beberapa faktor moderasi, antara lain jenjang pendidikan, kemampuan awal siswa, desain pembelajaran, serta tingkat pendampingan guru. Faktor-faktor ini berperan dalam menentukan keberhasilan implementasi AR, sehingga penggunaan teknologi ini tidak dapat dipisahkan dari strategi pedagogis yang menyertainya.

Perbandingan Laboratorium Virtual dan Tradisional

Laboratorium virtual memiliki keunggulan dalam fleksibilitas dan aksesibilitas, sementara laboratorium tradisional memberikan pengalaman langsung yang lebih nyata. Perbandingan antara laboratorium virtual dan laboratorium tradisional disajikan dalam tabel 3 berikut untuk memberikan gambaran yang lebih sistematis terkait perbedaan keduanya dari berbagai aspek.

Tabel 3. Perbandingan antara laboratorium virtual dan laboratorium tradisional

ASPEK	LABORATORIUM VIRTUAL	LABORATORIUM TRADISIONAL
Definisi	Simulasi eksperimen laboratorium dengan komputer.	Praktikum langsung di laboratorium
Kelebihan	Fleksibel, aman, hemat biaya, mendukung pembelajaran mandiri	Pengalaman nyata, keterampilan motorik, interaksi sosial
Kekurangan	Tidak melatih keterampilan praktis nyata, bergantung pada perangkat	Biaya tinggi, risiko kecelakaan, akses terbatas
Efektivitas untuk Kognisi Tinggi	Sangat efektif untuk pemahaman konsep dan berpikir kritis	Optimal untuk keterampilan prosedural dan kerja tim
Contoh Platform	Fleksibel, aman, hemat biaya, mendukung pembelajaran mandiri	Laboratorium IPA sekolah, lab kampus (Adamczyk <i>et al.</i> , 2025).

Berdasarkan tabel tersebut, dapat disimpulkan bahwa laboratorium virtual dan laboratorium tradisional memiliki keunggulan dan keterbatasan yang saling melengkapi. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan jenis laboratorium sebaiknya disesuaikan dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai, baik untuk penguatan konsep maupun keterampilan praktis.

Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa laboratorium virtual berbasis AR lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan berpikir tingkat tinggi, terutama melalui visualisasi fenomena yang sulit diamati secara langsung. Sebaliknya, laboratorium

tradisional lebih unggul dalam melatih keterampilan prosedural dan keterampilan motorik siswa.

Penggunaan laboratorium virtual juga memungkinkan siswa untuk melakukan eksperimen secara berulang tanpa resiko, yang berdampak pada peningkatan retensi konsep (Yanto *et al.*, 2022). Integrasi AR ke dalam praktikum fisik terbukti mampu memperkuat pemahaman konsep melalui kombinasi pengalaman nyata dan visualisasi digital (Södervik *et al.*, 2021).

Namun, klaim bahwa laboratorium virtual dapat sepenuhnya menggantikan laboratorium tradisional masih bersifat kontekstual. Beberapa studi menunjukkan bahwa penggunaan penuh hanya efektif pada konteks tertentu, seperti pembelajaran jarak jauh atau kondisi dengan keterbatasan fasilitas (Muslim *et al.*, 2022). Oleh karena itu, pendekatan yang lebih optimal adalah mengintegrasikan keduanya dalam model pembelajaran *blended laboratory*.

Pembahasan

Hasil analisis menunjukkan bahwa laboratorium virtual berbasis AR memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan laboratorium fisik konvensional, terutama dalam hal efisiensi dan fleksibilitas. AR memungkinkan siswa untuk melakukan eksperimen kapan saja dan di mana saja, memberikan siswa pengalaman belajar yang lebih interaktif dan personalisasi. Menurut 85% tenaga pendidik, AR sangat bermanfaat sebagai alat pembelajaran. Maka dari itu, AR menunjukkan bahwa kemampuan teknologi dapat dimasukkan ke dalam kurikulum.

AR juga terbukti dapat membantu siswa mengetahui fenomena yang sulit diamati pada praktikum fisik, serta meningkatkan motivasi belajar, khususnya bagi siswa dengan pencapaian rendah. Pendekatan ini mendukung prinsip pembelajaran aktif dan relevan dengan teori konstruktivisme, di mana siswa aktif membangun pengetahuan mereka sendiri (Inayah *et al.*, 2023).

Namun, implementasi AR dalam pendidikan sains masih menghadapi beberapa tantangan. Keterbatasan infrastruktur menjadi salah satu hambatan utama, termasuk biaya perangkat keras yang tinggi dan kurangnya pelatihan guru dalam penggunaan teknologi ini. Beberapa siswa juga melaporkan efek samping seperti kelelahan visual dan disorientasi setelah menggunakan AR dalam waktu lama (Li *et al.*, 2022). Hal ini menunjukkan perlunya strategi optimalisasi desain antarmuka dan durasi penggunaan.

Selain itu, meskipun AR meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa, dampaknya terhadap pencapaian akademik belum sepenuhnya konsisten (Ahmad & Abu Samah, 2024). Oleh karena itu, AR sebaiknya digunakan sebagai pelengkap, bukan pengganti praktikum fisik. Integrasi AR harus dirancang secara pedagogis sesuai tujuan pembelajaran dan karakteristik peserta didik (Raharja & Pramudya, 2022).

Dalam konteks pendidikan sains, AR menawarkan fleksibilitas dan kreativitas dalam penyampaian materi eksperimental. Namun, investasi dalam infrastruktur digital, pelatihan guru, dan pembuatan konten pembelajaran berbasis AR yang selaras dengan kurikulum diperlukan untuk aplikasi yang efektif (Thacker, 2023). Dengan pendekatan yang tepat, AR berpotensi merevolusi cara praktikum sains diajarkan, menjadikannya lebih inklusif, efektif, dan adaptif terhadap perkembangan teknologi (Xiong *et al.*, 2021).

Selain itu, penelitian ini memiliki kelebihan pada pendekatan yang digunakan, yaitu analisis literatur yang mampu mengintegrasikan berbagai hasil penelitian terdahulu secara sistematis. Melalui pendekatan ini, peneliti dapat memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai potensi dan tantangan implementasi laboratorium virtual berbasis AR, tidak terbatas pada satu konteks atau sampel tertentu saja. Hal ini menjadikan hasil penelitian lebih luas cakupannya dan dapat dijadikan rujukan dalam berbagai kondisi pembelajaran.

Penggunaan analisis literatur dalam penelitian ini juga penting karena perkembangan teknologi AR yang sangat pesat menghasilkan banyak temuan yang beragam. Tanpa adanya analisis literatur, informasi tersebut akan tersebar dan sulit disimpulkan secara utuh. Oleh karena itu, analisis literatur berfungsi untuk menyaring, membandingkan, serta mensintesis hasil penelitian sehingga menghasilkan kesimpulan yang lebih kuat dan berbasis bukti.

Kelebihan lainnya adalah penelitian ini mampu mengidentifikasi pola umum dari berbagai penelitian, seperti konsistensi dalam peningkatan motivasi belajar serta variasi dalam pencapaian akademik siswa. Temuan ini memberikan kontribusi penting dalam memahami efektivitas AR secara lebih kritis dan tidak hanya menonjolkan kelebihannya saja, tetapi juga

mempertimbangkan keterbatasannya. Dengan demikian, analisis literatur yang dilakukan dalam penelitian ini tidak hanya berfungsi sebagai kajian pendukung, tetapi juga sebagai landasan utama dalam merumuskan rekomendasi yang relevan dan aplikatif bagi implementasi laboratorium virtual berbasis AR dalam pendidikan sains.

Berdasarkan sintesis literatur yang telah dilakukan, penelitian ini mengusulkan sebuah kerangka konseptual yang menjelaskan hubungan antara penggunaan laboratorium virtual berbasis AR dan hasil belajar siswa. Dalam model ini, penggunaan AR berperan sebagai variabel utama yang mempengaruhi hasil belajar, sedangkan motivasi belajar berfungsi sebagai variabel mediasi yang menjembatani hubungan tersebut. Sementara itu, desain pembelajaran, kemampuan awal siswa, jenjang pendidikan, serta pendampingan guru berperan sebagai variabel moderator yang menentukan tingkat efektivitas implementasi AR.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa sintesis hasil dari tinjauan literatur dalam penelitian ini tidak hanya merangkum temuan-temuan sebelumnya, tetapi juga memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang hubungan antar variabel yang diteliti. Berdasarkan sintesis literatur, penelitian ini mengungkapkan bahwa efektivitas laboratorium virtual berbasis AR itu tidak bersifat langsung, tetapi dipengaruhi oleh sejumlah variabel kunci. Hubungan antara penggunaan AR dan hasil belajar dimediasi oleh motivasi belajar, sedangkan desain pembelajaran dan kemampuan awal siswa berperan sebagai variabel moderator yang menentukan tingkat keberhasilan implementasi. Dengan demikian, integrasi AR yang efektif memerlukan pendekatan pedagogis yang terstruktur, bukan hanya penggunaan teknologi. Temuan ini memberikan kontribusi teoritis untuk memperluas kajian tentang integrasi teknologi AR dalam pembelajaran sains, khususnya dalam menjelaskan mekanisme hubungan antara motivasi belajar dan hasil belajar.

KESIMPULAN

Hasil tinjauan ini menunjukkan bahwa laboratorium virtual berbasis AR terbukti efektif dalam meningkatkan motivasi belajar serta pemahaman konseptual siswa dalam pembelajaran sains. Teknologi AR menghadirkan visualisasi interaktif yang memudahkan pemahaman konsep abstrak, mendukung pembelajaran mandiri dan efektivitas praktikum. AR juga dapat menjadi alternatif untuk mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium konvensional. Namun, implementasinya masih menghadapi kendala seperti keterbatasan infrastruktur, kesiapan pengguna, dan potensi ketidaknyamanan visual.

Hasil tinjauan ini juga mengungkap bahwa motivasi belajar berperan sebagai variabel mediasi dalam hubungan antara penggunaan AR dan hasil belajar. Oleh karena itu, integrasi AR perlu dirancang secara pedagogis dan tidak hanya berfokus pada aspek teknologi.

SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji implementasi laboratorium virtual berbasis AR dalam pembelajaran secara langsung, khususnya terkait dampak jangka panjang terhadap hasil belajar siswa. Selain itu, diperlukan pengembangan model integrasi AR yang sesuai dengan kurikulum, peningkatan kompetensi guru dan ketersediaan infrastruktur yang memadai.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdjul, T., Odja, A. H., & Nurhayati, N. (2024). Effectiveness of Virtual Laboratory-Based Interactive Learning Media Through a Differentiated Approach to Students' Scientific Literacy. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(11), 9838–9838. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i11.9253>
- Adamczyk, P. D. o., Eadkhong, T., & Sirisathitkul, C. (2025). Integrating problem-based learning into the first-year physics laboratory course: A post-COVID-19 scenario at Walailak University, Thailand. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(1), em2562–em2562. <https://doi.org/10.29333/ejmste/15801>
- Ahmad, S., & Abu Samah, N. (2024). Sorotan Literatur Bersistematik: Trend Realiti Terimbu (AR) dalam Pembelajaran dan Pemudahcaraan Mata Pelajaran Sains sekolah Rendah. *Sains Humanika*, 16(2), 73–84. <https://doi.org/10.11113/sh.v16n2.2138>
- Alkhabra, Y. A., Ibrahim, U. M., & Alkhabra, S. A. (2023). Augmented reality technology in enhancing learning retention and critical thinking according to STEAM program.

- Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1), 1–10.
<https://doi.org/10.1057/s41599-023-01650-w>
- Alnagrat, A. (2023). The Opportunities and challenges in virtual reality for virtual laboratories. *Innovative Teaching and Learning Journal*, 6(2), 73–89.
<https://doi.org/10.11113/itlj.v6.91>
- Arena, F., Collotta, M., Pau, G., & Termine, F. (2022). An Overview of Augmented Reality. *Computers*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/computers11020028>
- Demircioglu, T., Karakus, M., & Ucar, S. (2022). The Impact of Augmented Reality-Based Argumentation Activities on Middle School Students' Academic Achievement and Motivation in Science Classes. *Education Quarterly Reviews*, 5(1).
<https://doi.org/10.31014/aior.1993.05.02.464>
- Hanum, F. (2023). Pemanfaatan Media Laboratorium Virtual Pada Pembelajaran Fisika Terhadap Tingkat Pemahaman Konsep Siswa. *Humantech: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 2(8), 1782–1290.
- Herlandy, P. B., Al Amien, J., Pahmi, P., & Satria, A. (2019). A Virtual Laboratory Application for Vocational Productive Learning Using Augmented Reality. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 25(2), 194–203. <https://doi.org/10.21831/jptk.v25i2.26504>
- Inayah, Hardianti, R. D., & Pamelasari, S. D. (2023). ExploraCell: Modul Terintegrasi Augmented Reality Materi Organel Sel untuk Menunjang Kualitas Pembelajaran IPA SMP. *Seminar Nasional IPA XIII*, 125–132.
<https://proceeding.unnes.ac.id/index.php/snipa/article/download/2296/1779>
- Laseinde, O. T., & Dada, D. (2023). Enhancing teaching and learning in STEM Labs: The development of an android-based virtual reality platform. *Materials Today: Proceedings*, 105 (August 2023), 240–246. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.09.020>
- Li, Z., Pestourie, R., Park, J. S., Huang, Y. W., Johnson, S. G., & Capasso, F. (2022). Inverse design enables large-scale high-performance meta-optics reshaping virtual reality. *Nature Communications*, 13(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29973-3>
- Mardian, Z., Defit, S., & Sumijan, S. (2023). Implementasi Augmented Reality Berbasis Android sebagai Media Pembelajaran Matematika Dimensi Tiga. *Jambura Journal of Informatics*, 5(1), 30–44. <https://doi.org/10.37905/jji.v5i1.19361>
- Muslim, A. Q., Hermawan, H., Cahyasari, E., & Fanani, M. A. (2022). Virtual Laboratory: An Alternative Method of Practicum Learning in Higher Education during the Covid-19 Pandemic. *Journal of Education Technology*, 6(2), 226–236.
<https://doi.org/10.23887/jet.v6i2.41629>
- Naaziat, A., Chaeruman, U. A., & Kusumawardani, D. (2024). Integrasi Discovery Learning di Laboratorium Virtual untuk Pendidikan Elektronika : Tinjauan Literatur Review. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, 13 (4), 4733–4742. <https://doi.org/10.58230/27454312.1109>
- Nababan, M. F. H., & Harianja, A. P. (2019). Rancang Bangun Visualisasi Object Dalam Bentuk 3 Dimensi Menggunakan Teknologi Augmented Reality Studi Kasus: Gedung Universitas Katolik Santo Thomas. *Jtiust*, 04(02), 161–167. <https://doi.org/10.17605/jti.v4i2.584>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Research Methods And Reporting*, 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Prawijaya, S., Manurung, I. F. ., & Lubis, W. (2023). Development virtual laboratory based on augmented reality for basic concept of physics and chemistry course for elementary teacher student. *The 9th Annual International Seminar on Trends in Science and Science Education (AISTSSE) 2022*, 0, 746–752. <https://doi.org/10.2478/9788367405195-095>
- Purwaningtyas, D. A., Prabowo, H., Napitupulu, T. A., & Purwandari, B. (2022). the Integration of Augmented Reality and Virtual Laboratory Based on the 5E Model and Vark Assessment: a Conceptual Framework. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(3), 449–460.
<https://doi.org/10.15294/jpii.v11i3.36367>
- Putra, D. (2024). Aplikasi Pengenalan Alat Laboratorium Farmakognosi Di Smk Kesehatan Sidimpun Husada Menggunakan Augmented Reality. *Journal of Science and Social Research*, 4307(2), 707–714. <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>

- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). Computers & Education A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education : Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147(July 2019), 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Raharja, P. A., & Pramudya, B. Z. (2022). Evaluasi Usability Aplikasi Augmented Reality Morphfun Menggunakan System Usability Scale. *Multinetics*, 8(2), 122–130. <https://doi.org/10.32722/multinetics.v8i2.4702>
- Sari, R. M. M., & Priatna, N. (2020). Model-Model Pembelajaran di Era Revolusi Industri 4.0 (E-Learning, M-Learning, AR-Learning dan VR-Learning). *Jurnal Ilmiah Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan*, 6(1), 107–115. <https://ejournal.unsub.ac.id/index.php/FKIP/article/download/699/591>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 333–339. 10.1016/j.jbusres.2019.07.039
- Södervik, I., Katajavuori, N., Kapp, K., Laurén, P., Aejmelaesus, M., & Sivéén, M. (2021). Fostering performance in hands-on laboratory work with the use of mobile augmented reality (Ar) glasses. *Education Sciences*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/educsci11120816>
- Tarng, W., Lin, Y. J., & Ou, K. L. (2021). A virtual experiment for learning the principle of daniell cell based on augmented reality. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(2), 1–24. <https://doi.org/10.3390/app11020762>
- Thacker, B. (2023). Inquiry-based experimental physics: Twenty years of an evidence-based, laboratory-based physics course for algebra-based physics students. *Physical Review Physics Education Research*, 19(2), 20116. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020116>
- Vari, Y., & Bramastia, B. (2021). Pemanfaatan Augmented Reality Untuk Melatih Keterampilan Berpikir Abad 21 Di Pembelajaran IPA. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 10(2), 132. <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v10i2.57256>
- Veronika, R., Nurtanto, M., Ikhsanudin I., Abdillah, H., & Kholifah, N. (2022). Studi literatur: Augmented reality pada dunia pendidikan sebagai kecenderungan belajar abad XXI. *Untirta*, 3(1), 116–120. <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/VENS/article/download/15915/9154>
- Xiong, J., Hsiang, E. L., He, Z., Zhan, T., & Wu, S. T. (2021). Augmented reality and virtual reality displays: emerging technologies and future perspectives. *Light: Science and Applications*, 10(1), 1–30. <https://doi.org/10.1038/s41377-021-00658-8>
- Yanto, D. T. P., Kabatiah, M., Zaswita, H., Jalinus, N., & Refdinal, R. (2022). Virtual Laboratory as A New Educational Trend Post Covid-19: An Effectiveness Study. *Mimbar Ilmu*, 27(3), 501–510. <https://doi.org/10.23887/mi.v27i3.53996>
- Yusa, I. W., Wulandari, A. Y. R., Tamam, B., Rosidi, I., Yasir, M., & Setiawan, A. Y. B. (2023). Development of Augmented Reality (AR) Learning Media to Increase Student Motivation and Learning Outcomes in Science. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(2), 127–145. <https://doi.org/10.21831/jipi.v9i2.52208>
- Yusuf, I., & Widyaningsih, S. W. (2020). Implementing e-learning-based virtual laboratory media to students' metacognitive skills. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(5), 63–74. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i05.12029>