
Pemetaan Perkembangan Riset *Virtual Laboratory* pada Pembelajaran Sains: *Systematic Literature Review***Aldila Wahyu Imam Efendi¹**¹Universitas Negeri Semarang, SemarangEmail korespondensi: aldilawhy@students.unnes.ac.id**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan perkembangan riset *virtual laboratory* dalam *science education* serta mengkaji kecenderungan hasil penelitian yang telah dilakukan. Latar belakang penelitian ini didasarkan pada pesatnya perkembangan teknologi digital yang mendorong inovasi dalam pembelajaran sains, khususnya melalui pemanfaatan laboratorium virtual sebagai alternatif praktikum yang lebih fleksibel dan interaktif. Metode yang digunakan adalah *systematic literature review* yang dikombinasikan dengan analisis bibliometrik. Data diperoleh dari basis data Scopus dengan rentang tahun 2021–2026 dan dianalisis menggunakan VOSviewer untuk memetakan keterkaitan topik serta Biblioshiny untuk mengidentifikasi tren publikasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa penelitian terkait *virtual laboratory* mengalami peningkatan dan memiliki keterkaitan erat dengan pembelajaran berbasis teknologi seperti *e-learning* dan pembelajaran jarak jauh. Selain itu, hasil kajian literatur menunjukkan bahwa *virtual laboratory* efektif dalam meningkatkan hasil belajar, pemahaman konsep, dan literasi sains peserta didik, meskipun efektivitasnya dipengaruhi oleh metode pembelajaran dan kesiapan teknologi. Dengan demikian, *virtual laboratory* memiliki potensi besar dalam mendukung pembelajaran sains, namun masih memerlukan pengembangan lebih lanjut agar dapat diimplementasikan secara optimal dalam berbagai konteks pendidikan.

Kata kunci: bibliometric analysis; science education; systematic literature review; virtual laboratory

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital telah membawa perubahan signifikan dalam dunia pendidikan, khususnya dalam pemanfaatan media pembelajaran berbasis teknologi. Integrasi teknologi dalam proses pembelajaran tidak hanya meningkatkan efektivitas penyampaian materi, tetapi juga mampu mendorong keterlibatan, pemahaman konsep, serta motivasi belajar peserta didik (Permana et al., 2024). Selain itu, pemanfaatan teknologi digital juga memungkinkan terciptanya pengalaman belajar yang lebih interaktif, fleksibel, dan adaptif sesuai dengan kebutuhan peserta didik.

Salah satu inovasi yang berkembang dalam pemanfaatan teknologi tersebut adalah penggunaan *virtual laboratory*. *Virtual laboratory* merupakan media pembelajaran berbasis teknologi yang memungkinkan peserta didik melakukan kegiatan praktikum secara simulatif melalui perangkat digital (Lestari, 2023). Keberadaan *virtual laboratory* memberikan alternatif solusi terhadap keterbatasan laboratorium konvensional, seperti keterbatasan alat, biaya, waktu, serta risiko dalam pelaksanaan eksperimen. Selain itu, penggunaan *virtual laboratory* juga mampu meningkatkan fleksibilitas dan interaktivitas pembelajaran serta mendukung pemahaman konsep secara lebih mendalam (Amirah, 2022).

Dalam konteks *science education*, kegiatan praktikum memiliki peran penting karena memungkinkan peserta didik memahami konsep melalui proses observasi dan eksperimen secara langsung. Pembelajaran sains tidak hanya menekankan pada penguasaan konsep, tetapi juga pada keterampilan proses ilmiah seperti mengamati, mengklasifikasi, dan menarik kesimpulan (Amirah, 2022). Namun, pelaksanaan praktikum di laboratorium konvensional sering menghadapi berbagai kendala, seperti keterbatasan fasilitas, waktu, serta akses terhadap peralatan yang memadai, sehingga pembelajaran menjadi kurang optimal (Indri, 2023).

Selain itu, aspek efisiensi dalam pengelolaan sumber daya pendidikan juga menjadi tantangan dalam pelaksanaan pembelajaran berbasis praktikum (Diaz et al., 2025). Keterbatasan anggaran menuntut adanya inovasi pembelajaran yang tetap efektif namun lebih efisien. Dalam hal ini, *virtual laboratory* dapat menjadi solusi karena mampu mengurangi kebutuhan akan peralatan fisik serta biaya operasional laboratorium, sehingga lebih ekonomis dalam implementasinya.

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *virtual laboratory* memberikan dampak positif terhadap hasil belajar peserta didik. Pemanfaatan laboratorium virtual memungkinkan siswa melakukan simulasi eksperimen secara interaktif, sehingga membantu memahami konsep secara lebih konkret. Hasil penelitian juga menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada hasil belajar siswa setelah penerapan *virtual laboratory*, yang ditunjukkan melalui perbandingan hasil sebelum dan sesudah pembelajaran (Rana, 2023).

Meskipun demikian, penelitian terkait *virtual laboratory* dalam *science education* masih menunjukkan variasi dalam fokus kajian, metode, serta hasil yang diperoleh. Sebagian besar penelitian masih bersifat umum dan belum banyak yang secara spesifik membahas penerapan *virtual laboratory* pada jenjang SMP (Yanto et al., 2022). Selain itu, kajian mengenai integrasi *virtual laboratory* dengan metode pembelajaran tertentu, seperti *problem based learning* dan *discovery learning*, juga masih terbatas. Padahal, penggunaan metode yang tepat dapat mempengaruhi efektivitas pembelajaran. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang lebih sistematis untuk mengidentifikasi tren penelitian serta celah penelitian yang masih terbuka.

Dalam konteks tersebut, penting untuk mengkaji bagaimana perkembangan tren penelitian terkait *virtual laboratory* dalam *science education*, bagaimana pemetaan topik serta keterkaitan antar penelitian berdasarkan analisis bibliometrik, serta bagaimana kecenderungan hasil penelitian terkait penerapannya berdasarkan kajian *systematic literature review*.

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan perkembangan riset terkait *virtual laboratory* dalam *science education* menggunakan pendekatan *systematic literature review* yang dikombinasikan dengan analisis bibliometrik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai tren penelitian serta menjadi dasar bagi pengembangan penelitian selanjutnya.

METODE PENELITIAN

Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode analisis bibliometrik dan *systematic literature review*. *VOSviewer* digunakan untuk menganalisis topik-topik yang menjadi tren penelitian kemudian divisualisasikan dalam bentuk diagram (Serius et al., 2024). Dari diagram tersebut dapat dianalisis topik-topik yang berkaitan dengan *Virtual Lab* dan penelitian terkait hubungannya. Bibliometrik merupakan metode statistik yang digunakan untuk menganalisis publikasi ilmiah dalam suatu bidang tertentu sehingga dapat memberikan gambaran mengenai struktur, tren, dan perkembangan penelitian (Mukhlisa & Hasan, 2024). Penelitian ini menggabungkan pendekatan deskriptif kuantitatif melalui visualisasi bibliometrik dan analisis deskriptif kualitatif melalui kajian isi artikel, sehingga diperoleh pemetaan yang komprehensif mengenai tren dan perkembangan penelitian *virtual laboratory* dalam pembelajaran sains.

Systematic Literature Review (SLR) merupakan pendekatan penelitian yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengumpulkan, dan mensintesis literatur secara sistematis guna memperoleh pemahaman yang komprehensif terhadap suatu topik (Ritterbusch & Teichmann, 2023). Metode ini dilakukan melalui tahapan terstruktur seperti pencarian, seleksi, dan analisis literatur untuk mengidentifikasi tren serta temuan penelitian yang relevan (F. S. P. Azzahra & Prianto, 2025).

Analisis Bibliometrik

Penelusuran literatur dilakukan pada tanggal 24 Februari 2025 dengan menggunakan kata kunci "*virtual laboratory*" OR "*virtual lab*" AND "*education*" AND "*science*". Proses pencarian dilakukan melalui database Scopus untuk memastikan kualitas serta konsistensi sumber yang digunakan. Artikel yang dianalisis dibatasi pada rentang tahun 2021–2026 dengan tujuan untuk mengidentifikasi perkembangan penelitian terbaru dalam kurun waktu enam tahun terakhir. Periode ini dipilih karena menunjukkan adanya peningkatan pemanfaatan teknologi digital dalam pembelajaran pasca pandemi *COVID-19*, khususnya penggunaan *virtual laboratory* dalam pembelajaran sains.

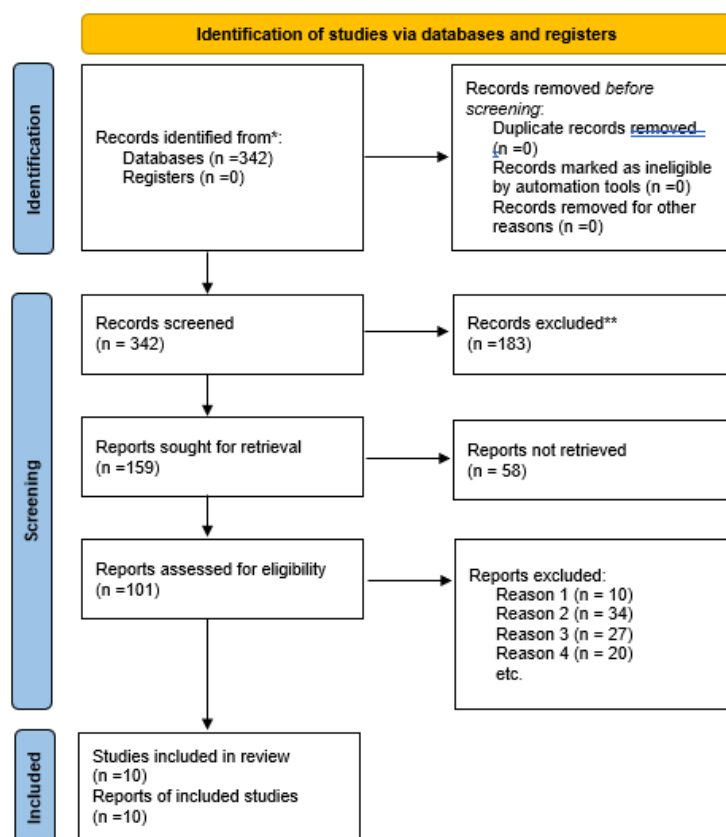
Hasil pencarian awal menghasilkan sebanyak 342 artikel yang terindeks dalam Scopus. Pada tahap penyaringan (*screening*), artikel diseleksi berdasarkan kriteria eksklusi, yaitu artikel yang tidak berbahasa Inggris, berupa *prosiding*, serta *book review*. Artikel yang memenuhi kriteria selanjutnya diunduh dalam format *RIS* dan *BIB*. Data dalam format *RIS* digunakan untuk analisis menggunakan perangkat lunak *VOSviewer*, sedangkan format *BIB* dianalisis menggunakan *Biblioshiny*. Analisis ini bertujuan untuk menghasilkan visualisasi peta bibliometrik yang menggambarkan keterkaitan antar topik, tren penelitian, serta perkembangan kajian *virtual laboratory* dalam *sains education*.

Systematic Literature Review (SLR)

Penelitian ini mengadopsi metode *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses (PRISMA)* sebagai pedoman dalam proses seleksi literatur (Simamora et al., 2024). Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan berbagai artikel ilmiah yang relevan dengan topik *virtual laboratory* dalam konteks *science education*. Penelusuran dilakukan

dengan kata kunci “*virtual laboratory*” OR “*virtual lab*” AND “*education*” AND “*science*”. Penelusuran dilakukan melalui *Scopus* guna menjaga kualitas dan konsistensi sumber. Artikel yang dianalisis dibatasi pada publikasi tahun 2021-2025.

Hasil pencarian mendapatkan 342 artikel terindeks *Scopus*. Pada tahap *screening*, sebanyak 183 artikel di eliminasi dengan kriteria eksklusi artikel *non-English*, prosiding, dan *book review* sehingga menyisakan 159 artikel. Sebanyak 58 artikel tidak dapat diakses secara penuh, sehingga didapatkan 101 artikel. Dari 101 artikel, sebanyak 91 dieliminasi dengan kriteria eksklusi (1) *not focused on education*, (2) *not focused on science learning* (3) *not empirical research* (4) *not related to virtual laboratory*. Setelah dilakukan evaluasi berdasarkan kriteria inklusi, diperoleh 10 artikel yang secara langsung membahas penerapan *virtual laboratory* dalam konteks *science education*. Sepuluh artikel tersebut kemudian dianalisis secara lebih mendalam untuk mengidentifikasi tren penelitian, meliputi fokus kajian, metode yang digunakan, serta temuan utama terkait pemanfaatan *virtual laboratory* dalam *science education*. Sistematika pengumpulan artikel ditunjukkan oleh gambar 1.

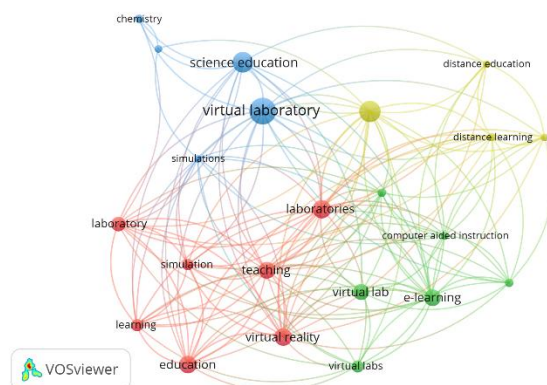


Gambar 1. Diagram PRISMA Sistematika Pengumpulan Artikel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemetaan Bibliometrik Penelitian Virtual Laboratory dalam Science Education

Hasil pemetaan bibliometrik diperoleh dari penelusuran artikel pada basis data Scopus menggunakan kata kunci yang telah ditentukan. Data kemudian diekspor dalam format RIS (Research Information Systems) dan dianalisis menggunakan VOSviewer untuk memvisualisasikan keterkaitan antar kata kunci (co-occurrence) dalam penelitian virtual laboratory pada science education. Hasil visualisasi disajikan pada Gambar 2.

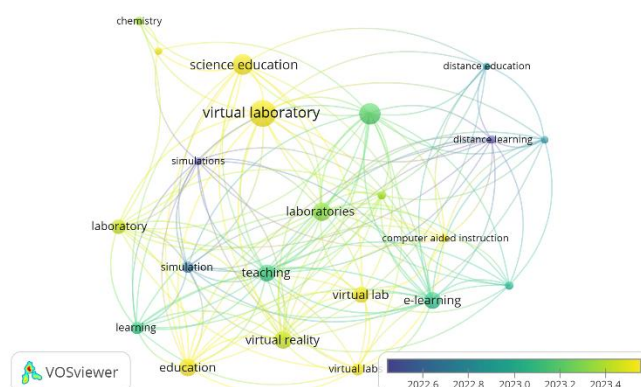


Gambar 2. *Network Visualization* dari Topik Virtual Laboratory in Science Education

Berdasarkan hasil analisis bibliometrik menggunakan VOSviewer, penelitian terkait *virtual laboratory* dalam *science education* menunjukkan keterkaitan kata kunci yang luas dengan beberapa klaster yang saling terhubung. Hal ini mengindikasikan bahwa penelitian berkembang ke berbagai aspek, seperti pembelajaran berbasis teknologi, *e-learning*, dan pembelajaran jarak jauh. Kondisi ini menunjukkan bahwa *virtual laboratory* merupakan topik yang terus berkembang dalam mendukung pembelajaran sains berbasis digital. Oleh karena itu, penelitian ini dengan pendekatan *systematic literature review* (SLR) bertujuan untuk memberikan gambaran komprehensif terkait perkembangan riset *virtual laboratory* dalam *science education*.

Visualisasi Overlay Penelitian Virtual Laboratory dalam Science Education

Visualisasi overlay digunakan untuk menunjukkan perkembangan tren penelitian berdasarkan waktu publikasi. Data dianalisis menggunakan VOSviewer untuk mengidentifikasi perubahan fokus penelitian dari waktu ke waktu. Hasil visualisasi ditampilkan pada Gambar 3.

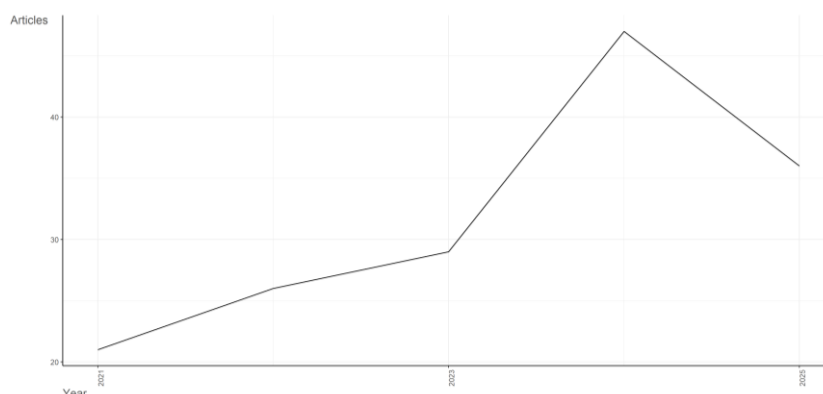


Gambar 3. *Overlay Visualization* dari Topik Virtual Laboratory in Science Education

Gambar 2 menunjukkan perkembangan tren penelitian *virtual laboratory* dalam *science education* berdasarkan waktu publikasi. Warna biru menunjukkan penelitian lebih lama, sedangkan kuning menunjukkan penelitian terbaru. Terlihat bahwa penelitian awal berfokus pada *distance learning*, kemudian berkembang ke *e-learning* dan pembelajaran berbasis teknologi, hingga akhirnya mengarah pada *virtual laboratory* dan *virtual reality* dalam pembelajaran sains. Hal ini menunjukkan adanya pergeseran menuju inovasi pembelajaran berbasis digital.

Tren Publikasi Penelitian Virtual Laboratory dalam Science Education

Analisis tren publikasi dilakukan menggunakan Biblioshiny untuk mengidentifikasi perkembangan jumlah artikel terkait virtual laboratory dalam science education berdasarkan tahun publikasi. Hasil analisis disajikan pada Gambar 4.

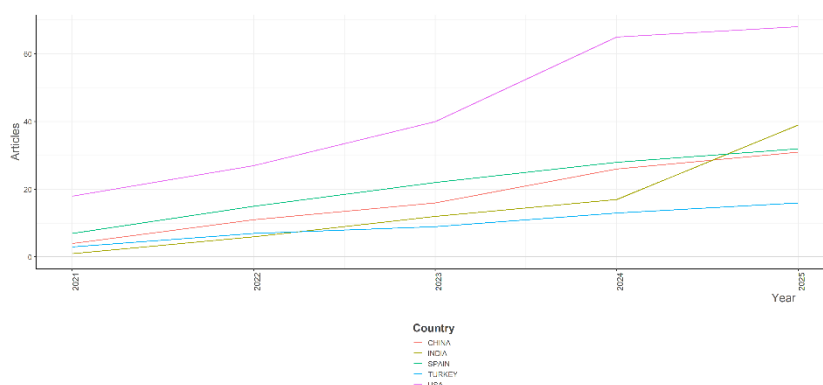


Gambar 4. Publikasi Artikel Ilmiah Tahunan dalam penelitian *virtual laboratory in science education*.

Berdasarkan Gambar 3, jumlah publikasi terkait *virtual laboratory* dalam *science education* menunjukkan pola fluktuatif dari tahun ke tahun, namun secara umum memperlihatkan tren peningkatan. Kenaikan jumlah publikasi pada periode terbaru mengindikasikan meningkatnya perhatian akademik terhadap pemanfaatan *virtual laboratory* dalam pembelajaran sains. Fenomena ini sejalan dengan perkembangan teknologi digital yang pesat serta meningkatnya kebutuhan akan inovasi pembelajaran yang lebih adaptif, fleksibel, dan interaktif.

Produksi Publikasi Berdasarkan Negara dari Waktu ke Waktu

Analisis produksi publikasi berdasarkan negara dilakukan menggunakan Biblioshiny untuk mengidentifikasi kontribusi masing-masing negara terhadap penelitian virtual laboratory dalam science education. Hasil analisis disajikan pada Gambar 5.

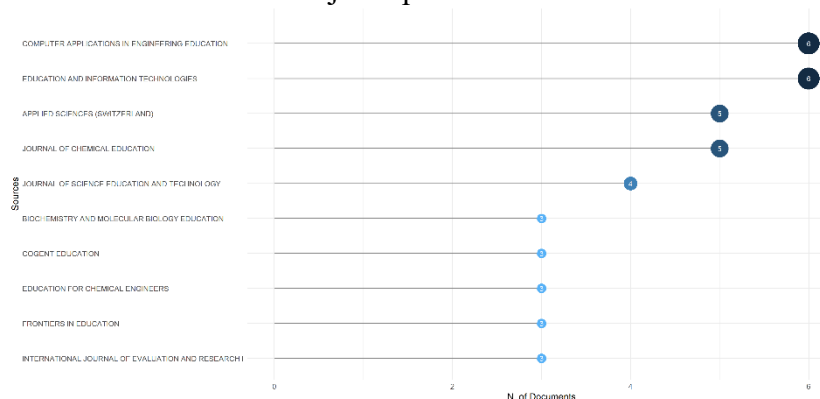


Gambar 5. Tren produksi publikasi berdasarkan negara dalam penelitian *virtual laboratory in science education*.

Berdasarkan Gambar 5, produksi publikasi berdasarkan negara menunjukkan tren peningkatan di hampir semua negara dari tahun ke tahun. Amerika Serikat terlihat mendominasi jumlah publikasi, diikuti oleh negara lain seperti Spanyol, China, India, dan Turki. Peningkatan ini menunjukkan bahwa penelitian terkait virtual laboratory dalam science education berkembang secara global dan melibatkan kontribusi dari berbagai negara.

Sumber Publikasi Paling Relevan

Analisis sumber publikasi paling relevan dilakukan menggunakan Biblioshiny untuk mengidentifikasi jurnal yang paling banyak berkontribusi dalam penelitian virtual laboratory dalam science education. Hasil analisis disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Sumber publikasi paling relevan dalam penelitian *virtual laboratory* pada *science education*.

Berdasarkan Gambar 6, terlihat bahwa beberapa jurnal memiliki jumlah publikasi yang lebih tinggi dibandingkan jurnal lainnya. *Journal of Science Education and Technology* menjadi salah satu sumber dengan kontribusi tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa jurnal tersebut berperan penting sebagai wadah publikasi penelitian terkait virtual laboratory dalam science education.

Tabel Hasil Literatur Review

Analisis artikel jurnal dengan menggunakan metode PRISMA, menghasilkan table literatur seperti pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Nama, judul, jurnal dan hasil penelitiannya

NO	Author, Title, Journal	Results
1	Naim, N. U., Rosnawati, R., & Ipu, A. (2023). <i>Development of Inquiry-Based Science Virtual Laboratory to Improve Thinking Skills of Junior High School Students</i> .	Penelitian ini menunjukkan bahwa produk laboratorium virtual IPA berbasis inkuiri yang dikembangkan memiliki kualitas sangat baik berdasarkan penilaian ahli dan respons siswa. Selain itu, penggunaan laboratorium virtual ini terbukti mampu meningkatkan keterampilan berpikir siswa dengan gain score ternormalisasi sebesar 0,39 yang termasuk kategori sedang. Hasil observasi juga menunjukkan bahwa penerapan pendekatan inkuiri oleh guru dan siswa berjalan dengan baik, dengan ketercapaian 75%–100% pada seluruh aspek yang dinilai.
2	Hariato, R., Umam, K., Andawiyah, K. N., & Dhani, A. (2024). Efektifitas Media Virtual Laboratory Terhadap Kemampuan Literasi Sains Dan Kemandirian Belajar Siswa Dalam Pembelajaran IPA. <i>Lensa (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA</i> , 14(2), 95-103.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa media virtual laboratory efektif dalam meningkatkan literasi sains dan kemandirian belajar siswa dalam pembelajaran IPA. Peningkatan literasi sains berada pada kategori tinggi dengan rata-rata N-Gain sebesar 0,79, sementara kemandirian belajar siswa juga tergolong tinggi dengan persentase sebesar 80,6%. Secara keseluruhan, media virtual laboratory memenuhi kriteria efektif untuk digunakan dalam pembelajaran IPA.
3	Lestari, D. P., et al. (2023). Effect of science virtual laboratory	Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi laboratorium virtual dengan metode demonstrasi

	combination with demonstration methods on lower-secondary school students' scientific literacy ability in a science course. <i>Education and Information Technologies</i> .	merupakan pendekatan paling efektif dalam meningkatkan literasi ilmiah siswa SMP. Kelompok yang menggunakan kombinasi kedua metode tersebut memperoleh peningkatan tertinggi (84,5%) dibandingkan penggunaan laboratorium virtual saja (78,5%) atau demonstrasi saja (74,3%). Hal ini menunjukkan bahwa perpaduan keduanya memberikan hasil yang lebih optimal, terutama dalam mengatasi keterbatasan praktikum sains tradisional.
4	Syerlinda, Tawil, M., & Yunus, S. R. (2024). The Influence of Virtual Laboratory-Based Learning Media on The Learning Outcomes of Class VII Student of SMP Negeri 4 Mallusetasi on Substance Pressure Materials. <i>Jurnal IPA Terpadu</i> , 8(1), 83-90	Penelitian ini menunjukkan bahwa hasil belajar siswa yang menggunakan laboratorium virtual maupun media konvensional masih berada pada kategori rendah, dengan skor masing-masing 0,19 dan 0,10. Namun, terdapat perbedaan signifikan antara keduanya, di mana laboratorium virtual memberikan peningkatan hasil belajar yang lebih tinggi dibandingkan media konvensional, meskipun masih dalam kategori rendah.
5	Yanto, D. T. P., Kabatiah, M., Zaswita, H., Jalinus, N., & Refdinal. (2022). Virtual Laboratory as A New Educational Trend Post Covid-19: An Effectiveness Study. <i>Jurnal Mimbar Ilmu</i> , 27(3), 501–510.	Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual pada praktikum Elektronika Daya di pendidikan kejuruan sangat efektif. Hal ini ditunjukkan oleh nilai effect size yang tinggi (Cohen's $d = 1,98$) serta peningkatan skor rata-rata dari 65 menjadi 80. Laboratorium virtual juga mampu merepresentasikan kondisi laboratorium nyata, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif pembelajaran jarak jauh maupun pelengkap praktikum langsung.
6	Nurwahidah, I. (2023). Analisis Keterampilan Proses Sains Mahasiswa Pendidikan IPA pada Mata Kuliah Praktikum Fisika Dasar 2. <i>Jurnal Edukasi & Teknologi Pembelajaran</i> , 4(2), 7-14.	Penelitian ini menunjukkan bahwa keterampilan proses sains mahasiswa Pendidikan IPA tergolong cukup baik dengan rata-rata nilai sekitar 75–77. Keterampilan mengamati dan mengukur memiliki nilai tertinggi, sedangkan keterampilan memprediksi paling rendah, yang menunjukkan masih adanya kesulitan dalam meramalkan berdasarkan data. Secara keseluruhan, meskipun kemampuan mahasiswa sudah baik, masih diperlukan peningkatan terutama pada aspek prediksi.
7	Nuai, A., & Nurkamiden, S. (2022). Urgensi Kegiatan Praktikum Dalam Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam di Sekolah Menengah Pertama. <i>Science Education Research (Search) Journal</i> , 1(1), 48–63.	Penelitian ini menunjukkan bahwa praktikum merupakan metode yang efektif dalam pembelajaran IPA karena membantu siswa memahami konsep secara langsung melalui pengalaman. Praktikum juga meningkatkan keterampilan, motivasi, dan pemahaman konsep siswa. Selain itu, praktikum berperan dalam mengembangkan keterampilan sosial serta berpikir kritis. Namun, pelaksanaannya memerlukan perencanaan dan dukungan yang baik agar dapat berjalan optimal.
8	Rana, Y., Sani, Y. M. Y., & Solo, Y. D. (2023). Efektivitas Penggunaan Laboratorium Virtual dalam Meningkatkan Hasil Belajar Biologi Peserta Didik Mas Muhammadiyah	Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual secara signifikan meningkatkan hasil belajar biologi siswa, khususnya pada materi evolusi. Hasil analisis statistik dan nilai N-gain yang tinggi menunjukkan bahwa laboratorium virtual efektif

	Nangahure. <i>Jurnal Penelitian Inovatif (JUPIN)</i> , 3(3), 589-596.	dalam meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan proses sains siswa.
9	Puspitasari, V. D., Karwanto, Sumbawati, M. S., Hariyanti, N., & Roesminingsih, E. (2024). Pengaruh Penggunaan Internet, Pemanfaatan Laboratorium Komputer, dan Literasi Digital terhadap Hasil Belajar. <i>Journal of Education Research</i> , 5(3), 2687–2693	Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan internet, pemanfaatan laboratorium komputer, dan literasi digital berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar siswa. Secara keseluruhan, ketiga faktor tersebut berkontribusi dalam meningkatkan hasil belajar.
10	Majd, L., Ibrahim, N., & Waspodo, M. (2023). Pengaruh Penggunaan Media Pembelajaran Laboratorium Virtual Dan Motivasi Peserta Didik Terhadap Hasil Belajar IPA Fisika Di Smpit Ar Rahmah Cijeruk Bogor. <i>Jurnal Teknologi Pendidikan</i> , 12(2), 1-9.	Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual meningkatkan hasil belajar IPA Fisika, terutama bagi siswa dengan motivasi tinggi, sementara siswa dengan motivasi rendah mungkin lebih cocok dengan pendekatan konvensional. Hasil ini memberikan implikasi penting untuk pemilihan media pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik siswa.

Berdasarkan Tabel 1, penelitian terkait *virtual laboratory* dalam *science education* menunjukkan kecenderungan positif terhadap peningkatan hasil belajar, literasi sains, dan keterampilan berpikir peserta didik. Temuan ini sejalan dengan hasil kajian literatur yang menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual, seperti simulasi PhET, mampu meningkatkan pemahaman konseptual dan motivasi belajar siswa (Ulfia, 2025). Hasil penelitian eksperimen juga menunjukkan bahwa penggunaan *virtual laboratory* secara signifikan meningkatkan hasil belajar siswa dibandingkan pembelajaran konvensional (Malan, 2025 ; Nurfatimah, 2025). Mayoritas studi menunjukkan bahwa *virtual laboratory* efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan proses sains, serta kemandirian belajar peserta didik.

Efektivitas *virtual laboratory* meningkat ketika dikombinasikan dengan metode pembelajaran yang tepat. Pendekatan inkuiri berbantuan *virtual laboratory* terbukti mampu meningkatkan literasi sains siswa secara signifikan (Riska et al., 2023). Integrasi *virtual laboratory* dengan platform pembelajaran digital juga menunjukkan peningkatan pada aspek motivasi dan kemandirian belajar siswa dibandingkan pembelajaran konvensional (Utami et al., 2022). Keberhasilan penggunaan *virtual laboratory* tidak hanya ditentukan oleh teknologi, tetapi juga oleh strategi pembelajaran yang digunakan.

Implementasi *virtual laboratory* masih menghadapi berbagai kendala di lapangan. Faktor seperti keterbatasan kemampuan teknologi, kurangnya pelatihan, serta dukungan perangkat yang belum memadai menjadi hambatan dalam penggunaannya (Azzahra et al., 2023). Kondisi ini menunjukkan bahwa *virtual laboratory* belum sepenuhnya dapat menggantikan praktikum konvensional, melainkan lebih tepat digunakan sebagai pelengkap dalam pembelajaran sains.

Pengembangan *virtual laboratory* masih memiliki peluang besar melalui integrasi dengan teknologi yang lebih maju, seperti *virtual reality* dan kecerdasan buatan, serta melalui pengembangan model pembelajaran yang lebih inovatif. Arah pengembangan ke depan tidak hanya berfokus pada aspek teknologi, tetapi juga pada strategi pedagogis dan kesiapan implementasi di berbagai konteks pendidikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis bibliometrik dan *systematic literature review*, penelitian *virtual laboratory* dalam *science education* menunjukkan perkembangan yang meningkat serta keterkaitan dengan pembelajaran berbasis teknologi. Hasil kajian menunjukkan bahwa *virtual laboratory* efektif dalam meningkatkan hasil belajar, pemahaman konsep, dan literasi sains, meskipun efektivitasnya dipengaruhi oleh metode pembelajaran dan kesiapan teknologi. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk memetakan perkembangan dan mengkaji hasil penelitian telah tercapai. Ke depan, *virtual laboratory* masih berpotensi dikembangkan melalui integrasi teknologi dan strategi pembelajaran yang lebih inovatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Amirah. (2022). Urgensi Kegiatan Praktikum Dalam Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam di Sekolah Menengah Pertama. *Science Education Research (Search) Journal*, 4(2), 48–63.
- Azzahra, F., Milama, B., & Wardani, M. (2023). Identifikasi Kesulitan Guru Menggunakan Laboratorium Virtual Dalam Pembelajaran Kimia. *Dalton : Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia*, 6(1), 31.
- Azzahra, F. S. P., & Prianto, C. (2025). Tinjauan Literatur Sistematis: Analisis Implementasi Kecerdasan Buatan untuk Verifikasi Dokumen. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, 4(3), 417–430.
- Belva Saskia Permana, Lutvia Ainun Hazizah, & Yusuf Tri Herlambang. (2024). Teknologi Pendidikan: Efektivitas Penggunaan Media Pembelajaran Berbasis Teknologi Di Era Digitalisasi. *Khatulistiwa: Jurnal Pendidikan Dan Sosial Humaniora*, 4(1), 19–28.
- Ahmad, M., & Rochimah, H. (2025). Strategi Tata Kelola Pembiayaan Pendidikan Usai Efisiensi Anggaran: Systematic Literature Review. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(02), 300-310.
- Nurwahidah, I. (2023). Analisis ketrampilan proses sains mahasiswa pendidikan IPA pada Mata Kuliah Praktikum Fisika Dasar 2. *EduTeach: Jurnal Edukasi Dan Teknologi Pembelajaran*, 4(2).
- Lestari. (2023). Effect of science virtual laboratory combination with demonstration methods on lower-secondary school students' scientific literacy ability in a science course. *Education and Information Technologies*, 28(12), 16153–16175.
- Malan, I. H. (2025). Pengaruh Pemanfaatan Laboratorium Virtual dalam Pembelajaran IPA Fisika Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas VIII MTS ALkhairat Gambesi. *KUANTUM*, 6(2), 409–418. <https://doi.org/10.63976/kuantum.v6i2.1308>
- Mukhlisa, N., & Hasan, K. (2024). Analisis bibliometrik: Konsep, metodologi, dan aplikasinya dalam penelitian ilmiah. In *Seminar Nasional Hasil Penelitian LP2M Universitas Negeri Makassar* (pp. 950-961).
- Peningkatan, T., Konsep, P., Materi, P., Kelas, P., Nurfatimah, L., & Jambi, U. (2025). *Efektivitas Pembelajaran Berbantuan Simulasi Virtual Lab*. 5(1), 543–555.
- Rana. (2023). Efektivitas Penggunaan Laboratorium Virtual dalam Meningkatkan Hasil Belajar Biologi Peserta Didik Mas Muhammadiyah Nangahure. *Jurnal Penelitian Inovatif*, 3(3), 589–596.
- Riska, F. M., Fitriana, S., Hardianti, T., Rizaldi, R., Syahwin, S., & Mardiana, N. (2023). Pengaruh Bahan Ajar Berbasis Inkuiri Terbimbing Berbantuan V-LAB (Virtual Laboratory) Pada Materi Momentum dan Impuls Untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa. *Silampari Jurnal Pendidikan Ilmu Fisika*, 5(2), 200–213.

-
- Ritterbusch, G. D., & Teichmann, M. R. (2023). Defining the Metaverse: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, 11, 12368–12377.
- Serius Nazara, D., Fitriana, F., Santoso, R. A., Kebidanan, A., & Keluarga, H. (2024). *Analisis Bibliometrik Dengan Vosviewer Terhadap Perkembangan Penelitian Forensic Audit (Desman Serious Nazara, Fitriana Fitriana, Rachmat Agus Santoso) Analisis Bibliometrik Dengan Vosviewer Terhadap Perkembangan Penelitian Forensic Audit*.
- Simamora, S. C., Gaffar, V., & Arief, M. (2024). *Systematic Literature Review dengan Metode PRISMA: Dampak Teknologi Blockchain terhadap Periklanan Digital*.
- Ulfa, N., & Wahyuni, S. (2025). Kalam Cendekia: Jurnal Ilmiah Kependidikan Analisis Pengaruh Penggunaan Laboratorium Virtual (PhET Simulations) Terhadap Hasil Belajar IPA Siswa SMP: Study Literature Review. *Kalam Cendekia*.
- Utami, D. D., Halim, A., Yusrizal, Y., Elisa, E., & Herliana, F. (2022). Dampak Edmodo berbantuan Laboratorium Virtual terhadap Motivasi dan Kemandirian Belajar Siswa. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(6), 2987–2994.
- 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.