

IMPLEMENTASI VIRTUAL REALITY DALAM PEMBELAJARAN DIGITAL: ANALISIS LITERATUR MELALUI METODE *SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW* (SLR)

Bimarto Bora¹, Rahmah Nur², Sri Mardawiyah³, Arifah Novia Arifin⁴, Adnan⁵
Jurusan Pendidikan Biologi Program Pascasarjana Universitas Negeri Makassar^{1,2,3},
Universitas Negeri Makassar^{4,5}
e-mail : bimarto.bora94@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi digital telah mendorong transformasi besar dalam dunia pendidikan, salah satunya melalui pemanfaatan teknologi imersif *Virtual Reality* (VR) untuk meningkatkan mutu dan efektivitas pembelajaran. Penelitian ini bertujuan meninjau tren, efektivitas, serta kendala penerapan VR dalam pembelajaran digital dengan menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) berbasis metode PRISMA. Proses kajian mencakup tahap identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, dan seleksi akhir terhadap publikasi dari basis data Scopus pada rentang tahun 2022–2025, sehingga diperoleh 31 artikel yang memenuhi kriteria analisis. Hasil sintesis menunjukkan bahwa separuh penelitian menggunakan metode kuantitatif yang berfokus pada pengaruh VR terhadap motivasi, keterlibatan, dan capaian belajar peserta didik, sedangkan sisanya mengadopsi pendekatan kualitatif, campuran, serta riset dan pengembangan. Secara keseluruhan, VR terbukti memperkuat motivasi, retensi, dan pemahaman konseptual melalui pengalaman belajar yang imersif, interaktif, dan kolaboratif, meskipun penerapannya masih menghadapi keterbatasan infrastruktur, biaya tinggi, dan kesiapan pedagogis pendidik. Dari sisi teoretis, temuan penelitian mendukung relevansi teori konstruktivisme dan *experiential learning*, sedangkan secara praktis, VR berpotensi menjadi media inovatif yang mempercepat transformasi pendidikan digital menuju *era Society 5.0* yang berorientasi pada pembelajaran adaptif dan berpusat pada peserta didik.

Kata kunci: *Virtual Reality (VR), Pembelajaran Digital, Systematic Literature Review (SLR)*

ABSTRACT

The advancement of digital technology has driven a significant transformation in education, particularly through the integration of immersive technologies such as Virtual Reality (VR) to enhance learning quality and effectiveness. This study aims to examine the trends, effectiveness, and challenges of VR implementation in digital learning using a Systematic Literature Review (SLR) approach based on the PRISMA protocol. The review process involved stages of identification, screening, eligibility assessment, and final selection of publications retrieved from the Scopus database within the 2022–2025 period, resulting in 31 relevant articles for analysis. The synthesis indicates that half of the reviewed studies employed quantitative methods focusing on VR's impact on learner motivation, engagement, and learning outcomes, while the remainder adopted qualitative, mixed-method, and research and development (R&D) approaches. Overall, VR has been proven to enhance motivation, retention, and conceptual understanding through immersive, interactive, and collaborative learning experiences. Nevertheless, its implementation still faces several barriers, including limited infrastructure, high operational costs, and inadequate pedagogical readiness among educators. Theoretically, the findings reinforce the relevance of constructivist and experiential learning theories, whereas practically, VR holds strategic potential as an innovative learning medium to accelerate digital education transformation toward the Society 5.0 era, emphasizing adaptive and learner-centered education.

Keywords: *Virtual Reality (VR), e-learning, Systematic Literature Review (SLR)*

PENDAHULUAN

Transformasi pendidikan di era digital mendorong adopsi teknologi imersif seperti *Virtual Reality (VR)* dalam proses pembelajaran. Teknologi ini menghadirkan pengalaman belajar tiga dimensi yang interaktif dan kontekstual, sesuai kebutuhan generasi abad ke-21 yang menuntut pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*) dan kolaborasi. Pergeseran menuju pembelajaran digital interaktif menjadikan VR sebagai media adaptif dan cerdas yang mampu menciptakan keterlibatan belajar lebih tinggi. Dengan demikian, VR dipandang sebagai inovasi strategis dalam mewujudkan pembelajaran modern yang partisipatif dan kontekstual.

VR berperan penting dalam mengatasi keterbatasan ruang, waktu, dan sumber daya fisik di kelas. Melalui simulasi interaktif, peserta didik dapat mengeksplorasi fenomena ilmiah, sejarah, dan budaya yang sulit dihadirkan secara nyata. Teknologi ini selaras dengan teori konstruktivisme Piaget dan Vygotsky yang menekankan pembelajaran aktif melalui pengalaman langsung. Hasil penelitian Suhardi et al. (2025) membuktikan efektivitas VR dalam meningkatkan motivasi dan pemahaman konsep ilmiah siswa, memperkuat perannya sebagai sarana konstruksi pengetahuan berbasis pengalaman.

Secara global, pemanfaatan VR dalam pendidikan meningkat pesat dengan dukungan ketersediaan perangkat dan riset ilmiah. Analisis Pramesti et al. (2022) menunjukkan bahwa VR efektif meningkatkan motivasi dan hasil belajar, meski kolaborasi penelitian lintas negara masih terbatas. Penelitian meta-analisis oleh Ma et al. (2022) juga memperlihatkan efek positif VR terhadap keterlibatan dan keterampilan belajar peserta didik. Namun, sebagian besar studi bersifat parsial sehingga diperlukan sintesis sistematis untuk memperoleh gambaran yang lebih menyeluruh tentang efektivitasnya di berbagai konteks pendidikan.

Selain berdampak kognitif, VR juga memperkuat dimensi sosial dan afektif pembelajaran. Barreda-Angeles et al. (2023) menemukan bahwa *social VR* meningkatkan kehadiran sosial dan mengurangi isolasi dalam pembelajaran daring, sedangkan Petersen et al. (2023) menegaskan perannya dalam memperkuat kolaborasi antar peserta didik. Penelitian Aminudin et al. (2024) juga menunjukkan bahwa VR mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis dalam model pembelajaran berbasis proyek dan STEM. Hal ini menegaskan bahwa VR tidak hanya meningkatkan hasil belajar, tetapi juga mendukung pembelajaran kolaboratif dan berorientasi abad ke-21.

Meski potensial, implementasi VR masih menghadapi kendala seperti keterbatasan infrastruktur, biaya tinggi, dan kesiapan pedagogis guru. Gorman et al. (2022) dan De Moraes Rossetto et al. (2023) menekankan pentingnya peningkatan kompetensi digital pendidik serta kebijakan institusional yang mendukung keberlanjutan penerapan VR. Isu metodologis juga muncul dalam studi terbaru, seperti perbedaan gender dalam pemrosesan informasi (Gao et al., 2023) dan pengembangan analisis multimodal untuk memahami *self-regulated learning* (Sobocinski et al., 2024). Kajian tersebut menunjukkan perlunya desain pembelajaran adaptif dan berbasis data agar VR dapat diterapkan secara inklusif dan efektif.

Berdasarkan tinjauan tersebut, efektivitas VR bersifat multidimensional dan bergantung pada faktor teknologi, pedagogi, serta dukungan kelembagaan. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review (SLR)* dengan metode PRISMA untuk menganalisis publikasi tahun 2022–2025 mengenai penerapan VR dalam pendidikan digital. Kajian ini bertujuan memetakan tren, efektivitas, dan tantangan implementasi VR sekaligus merumuskan arah pengembangan penelitian di masa depan. Dengan demikian, penelitian ini

diharapkan memberikan kontribusi konseptual dan praktis bagi pengembangan strategi pembelajaran berbasis VR yang efektif dan berkelanjutan di era *Society 5.0*.

METODE PENELITIAN

PENDEKATAN PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) yang berpedoman pada metode PRISMA untuk meninjau tren, efektivitas, dan tantangan penerapan *Virtual Reality (VR)* dalam pembelajaran digital. Kajian ini disusun melalui empat tahap utama, yaitu identifikasi, penyaringan, kelayakan, dan inklusi, yang memastikan proses seleksi artikel berlangsung sistematis dan transparan. Dengan pendekatan ini, penelitian berupaya menghasilkan sintesis literatur yang akurat, terukur, serta dapat dijadikan dasar pengembangan studi lanjutan mengenai inovasi pembelajaran berbasis teknologi imersif.

Prosedur penelitian dilakukan secara sistematis melalui empat tahapan utama sebagai berikut:

a. Tahap Identifikasi (*Identification*)

Peneliti melakukan penelusuran awal pada basis data Scopus menggunakan kombinasi kata kunci: "*virtual reality*" AND "*e-learning*". Dari hasil pencarian awal, ditemukan 5.413 rekaman publikasi. Kemudian, data difokuskan pada rentang waktu 2022–2025, sehingga tersisa 2.975 dokumen. Pada tahap ini dilakukan penghapusan duplikasi dan penyaringan awal berdasarkan tahun publikasi serta relevansi umum terhadap topik.

b. Tahap Penyaringan (*Screening*)

Penyaringan dilakukan berdasarkan bidang keilmuan dengan mempertahankan artikel yang relevan dalam ranah *social science* dan *educational technology*. Sebanyak 2.307 artikel dari bidang lain (seperti teknik, energi, seni, dan komputer murni) dikeluarkan, menyisakan 668 dokumen. Kemudian dilakukan seleksi jenis publikasi, di mana hanya artikel penelitian asli (*original research articles*) yang dipertahankan. Setelah penyaringan ini, diperoleh 283 dokumen yang memenuhi syarat.

c. Tahap Kelayakan (*Eligibility*)

Pada tahap ini, dilakukan evaluasi terhadap aksesibilitas (hanya *open access*) serta bahasa publikasi (hanya artikel berbahasa Inggris). Dari hasil evaluasi, tersisa 243 dokumen setelah mengecualikan artikel non-Inggris. Selanjutnya, analisis abstrak dan teks penuh dilakukan untuk menilai kecocokan isi dengan topik penelitian. Dari hasil penilaian mendalam terhadap metodologi dan relevansi tematik, sebanyak 93 artikel dianggap memenuhi kriteria substantif.

d. Tahap Inklusi (*Included*)

Tahap akhir dilakukan dengan menyeleksi artikel berdasarkan kualitas metodologis dan kesesuaian fokus dengan tujuan penelitian. Proses ini menggunakan lembar analisis (*coding form*) sebagai instrumen utama untuk mengevaluasi kelayakan, kualitas, dan relevansi setiap artikel. Melalui instrumen ini, peneliti menilai kesesuaian tujuan, metode, hasil, serta kontribusi penelitian terhadap kajian VR dalam pembelajaran digital. Hasil akhir seleksi menghasilkan 31 artikel yang memenuhi seluruh kriteria dan digunakan sebagai sumber utama analisis.

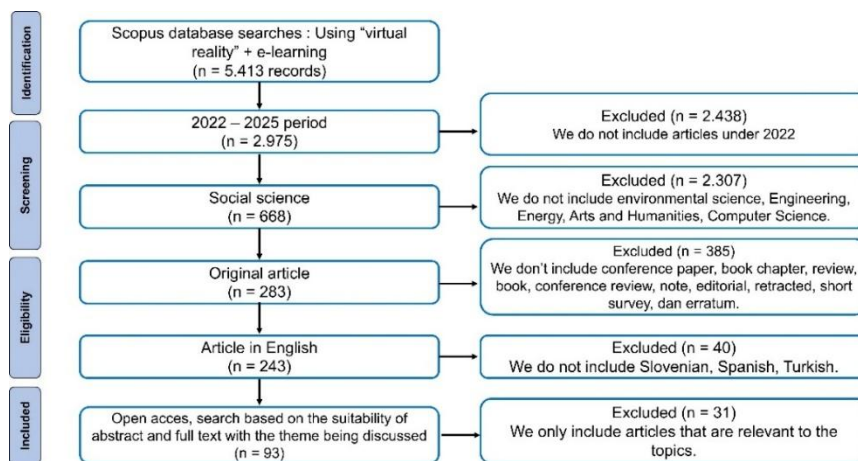
METODE ANALISIS DATA

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara deskriptif kualitatif dengan mengintegrasikan analisis isi (*content analysis*), sintesis tematik (*thematic synthesis*), dan analisis bibliometrik. Ketiga pendekatan ini digunakan untuk menelaah secara komprehensif kecenderungan penelitian, metode yang digunakan, serta temuan utama terkait penerapan *virtual reality* dalam *e-learning*. Proses analisis isi dilakukan dengan membaca secara sistematis seluruh artikel terpilih untuk mengidentifikasi tujuan, desain penelitian, hasil, dan

Copyright (c) 2025 EDUTECH : Jurnal Inovasi Pendidikan Berbantuan Teknologi

implikasinya terhadap pembelajaran digital. Temuan yang serupa kemudian dikelompokkan ke dalam kategori tematik melalui proses pengkodean dan pengelompokan makna, yang selanjutnya disintesis menjadi tema-tema utama penelitian. Tahap sintesis tematik digunakan untuk mengintegrasikan berbagai hasil penelitian berdasarkan kesamaan konsep dan arah pengembangan. Sintesis ini bertujuan menampilkan pola temuan yang konsisten, kesenjangan penelitian yang masih ada, serta peluang pengembangan VR dalam konteks pembelajaran digital.

Selain itu, dilakukan analisis bibliometrik menggunakan perangkat lunak VOSviewer untuk memvisualisasikan hubungan antarpengarang, keterkaitan kata kunci (*co-occurrence*), dan distribusi topik penelitian. Analisis ini memberikan gambaran empiris mengenai jaringan kolaborasi ilmiah dan tren konseptual yang berkembang dalam kajian *virtual reality* pada *e-learning*. Alur lengkap proses seleksi artikel disajikan pada Gambar 1, sedangkan ringkasan jumlah artikel pada setiap tahap tercantum dalam Tabel 1. Hasil analisis diinterpretasikan secara deskriptif guna memberikan gambaran menyeluruh mengenai efektivitas dan arah pengembangan VR dalam pembelajaran digital.



Keterangan: Diagram ini menggambarkan proses seleksi sistematis dari penelusuran awal hingga 31 artikel yang lolos tahap inklusi.

Gambar 1. Diagram Alir PRISMA Tahapan Seleksi Artikel

Tabel 1 : Ringkasan Prosedur SLR berbasis PRISMA

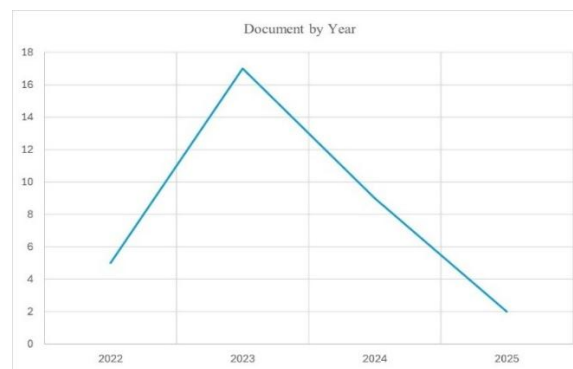
Tahap PRISMA	Deskripsi Proses	Jumlah Artikel
Identifikasi	Penelusuran awal menggunakan kata kunci “ <i>Virtual Reality</i> ” + “ <i>e-learning</i> ”	5.413
Seleksi Tahun Publikasi (2022–2025)	Eksklusi artikel sebelum 2022	2.975
Penyaringan Bidang Keilmuan	Fokus pada <i>social science & education</i>	668
Seleksi Jenis Publikasi	Hanya artikel penelitian asli	283
Kelayakan Bahasa & Akses	Hanya artikel <i>open access</i> & berbahasa Inggris	243
Relevansi Tematik & Kualitas	Evaluasi metodologis & tematik	93
Inklusi Akhir	Artikel terpilih untuk analisis mendalam	31

Bagian metode penelitian ini menunjukkan bahwa seluruh tahapan dilakukan secara terstruktur, terbuka, dan terukur untuk menjaga keabsahan serta keandalan temuan. Pendekatan PRISMA digunakan sebagai panduan sistematis dalam menyeleksi dan mengevaluasi literatur yang relevan dengan topik penelitian. Melalui penerapan metode ini, studi dapat memetakan kecenderungan penelitian terkait pemanfaatan teknologi Virtual Reality dalam pembelajaran digital. Hasilnya, pendekatan tersebut memperkuat dasar empiris tentang peran Virtual Reality sebagai inovasi strategis dalam peningkatan mutu pendidikan di era teknologi adaptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

a. Tahun Distribusi



Gambar 2 : Grafik tahun distribusi artikel

Dilihat dari Gambar 2, pada tahun 2022 jumlah publikasi masih relatif rendah, sekitar 5 dokumen. Namun, terjadi lonjakan tajam pada tahun 2023, mencapai puncak tertinggi dengan sekitar 17 dokumen. Kenaikan ini menunjukkan bahwa tahun 2023 menjadi periode paling produktif dalam penelitian dan publikasi terkait topik teknologi *Virtual Reality* (VR) dalam pembelajaran digital. Setelah mencapai puncak pada 2023, jumlah publikasi mengalami penurunan bertahap pada tahun 2024 dan turun tajam lagi di tahun 2025, hanya tersisa sekitar 2 dokumen.

b. Negara Asal Penulis dan Hubungan Antar Negara



Gambar 3 : Negara asal penulis dan hubungan antar Negara

Berdasarkan hasil analisis, Terlihat pada Gambar 3 bahwa Tiongkok (China) menempati posisi teratas dengan jumlah publikasi terbanyak (8 dokumen), diikuti oleh Jerman (Germany) dengan jumlah yang sama atau sedikit lebih rendah, kemudian Amerika Serikat (United States) menempati posisi ketiga dengan 6 dokumen, serta Spanyol (Spain) dengan 4 dokumen. Sementara itu, negara-negara seperti Inggris (United Kingdom), Finlandia, Belanda, Hong

Kong, Portugal, dan Italia menunjukkan jumlah publikasi yang relatif rendah, masing-masing hanya 1 dokumen. Hasil pemetaan visualisasi kolaborasi menunjukkan bahwa jaringan penelitian internasional mengenai VR dalam pendidikan masih terbatas. Hubungan paling kuat ditemukan antara Amerika Serikat, Jerman, Belanda, dan Brasil dalam satu klaster, serta Tiongkok dan Hong Kong dalam klaster lain. Negara dengan kontribusi publikasi terbanyak adalah Tiongkok (8 dokumen), diikuti Jerman (7), Amerika Serikat (6), dan Spanyol (4). Negara lain seperti Inggris, Finlandia, Portugal, dan Italia hanya memiliki masing-masing 1 publikasi.

c. Jenis atau Metode Penelitian

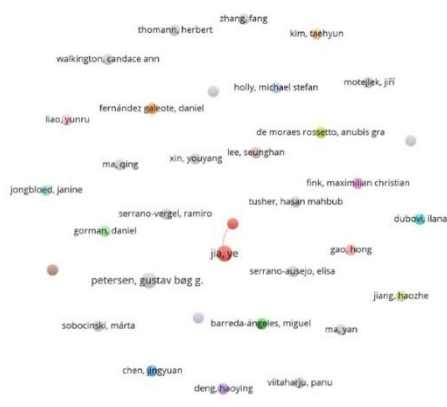
Tabel 2 : Rekapitulasi jumlah penelitian berdasarkan jenis metode

Jenis Penelitian	Jumlah Studi	Persentase	Karakteristik Utama
Kuantitatif	15	49%	Dominan menggunakan eksperimen, meta-analisis, dan regresi; fokus pada hasil belajar & motivasi.
Kualitatif	5	16%	Menggunakan SLR & grounded theory; fokus pada persepsi, interaksi sosial, dan pengalaman belajar.
Metode Campuran (Mixed)	6	19%	Menggabungkan data survei & observasi; mengeksplorasi efek VR terhadap metakognisi & kolaborasi.
R&D / Metode Lain (Desain, Model, Simulasi)	5	16%	Berfokus pada pengembangan sistem VR, implementasi pendidikan, dan validasi teknologi.

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 2, penerapan Virtual Reality (VR) dalam konteks pembelajaran digital menunjukkan pengaruh positif yang konsisten terhadap keterlibatan belajar, motivasi, hasil akademik, dan pengalaman belajar peserta didik. Secara umum, tren penelitian memperlihatkan bahwa VR mampu menciptakan lingkungan belajar yang lebih interaktif dan menarik. Variasi pendekatan metodologis yang digunakan menunjukkan keragaman strategi dalam mengukur efektivitas VR terhadap hasil belajar. Temuan ini secara keseluruhan menegaskan bahwa penggunaan VR berkontribusi signifikan dalam meningkatkan kualitas pembelajaran digital.

d. Penulis dan Kata Kunci

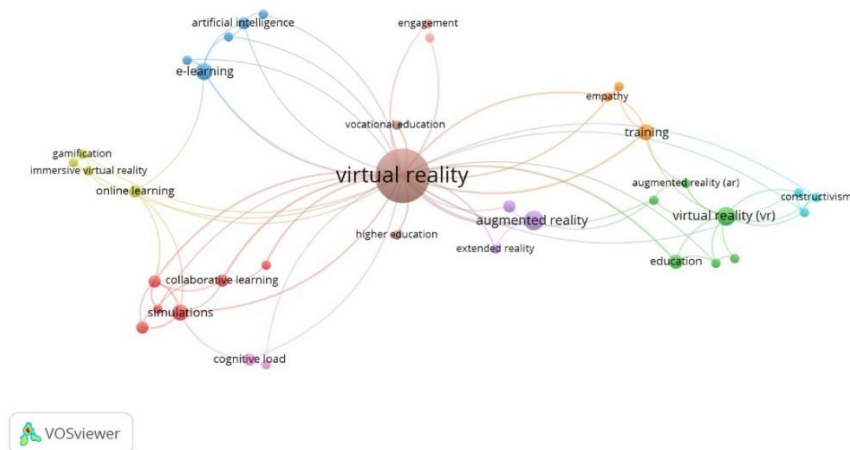
1) Penulis



Gambar 4 : Visualisasi penulis menggunakan VOSviewer

Berdasarkan hasil visualisasi pada Gambar 4 menggunakan VOSviewer, terlihat adanya jaringan kolaborasi yang relatif tersebar dengan beberapa kelompok kecil penulis yang saling terhubung. Titik pusat kolaborasi tampak berpusat pada penulis Jia, Ye, yang menunjukkan tingkat produktivitas dan keterhubungan tertinggi dibanding penulis lainnya, seperti Gao, Hong dan Serrano-Ausejo, Elisa yang berada dalam kluster yang sama. Selain itu, peta ini menunjukkan bahwa penelitian tentang VR dalam pembelajaran digital masih bersifat terfragmentasi, dengan banyak penulis bekerja secara independen atau dalam kelompok kecil. Belum terbentuk satu jaringan global yang dominan. Nama-nama seperti Jia Ye, Gao Hong, Kim Taehyun, dan Zhang Fang menunjukkan kontribusi besar dari peneliti di wilayah Asia Timur, sementara Fernández Galeote dan Petersen menunjukkan keterlibatan dari Eropa. Sehingga mengindikasikan adanya pola kolaborasi lintas negara, meski belum terlalu kuat.

2) Kata Kunci



Gambar 5 : Visualisasi kata kunci menggunakan VOSviewer

Berdasarkan hasil analisis bibliometrik yang divisualisasikan melalui Gambar 5 menggunakan VOSviewer, terlihat bahwa *Virtual Reality* (VR) menempati posisi sentral dalam jaringan penelitian tentang pembelajaran digital. Visualisasi tersebut memperlihatkan terbentuknya lima klaster utama yang menggambarkan arah dan fokus pengembangan kajian di bidang ini. Klaster pertama (berwarna hijau) menunjukkan keterkaitan kuat antara VR, *education*, *augmented reality* (AR), dan *constructivism*, yang menandakan dominasi pendekatan konstruktivistik dalam penerapan VR. Secara keseluruhan, peta bibliometrik ini mengilustrasikan bahwa VR menjadi elemen kunci dalam dinamika riset pembelajaran digital modern.

Klaster kedua berfokus pada tema *collaborative learning*, *simulations*, dan *cognitive load*, yang menunjukkan pemanfaatan VR untuk memperkuat kerja sama dan pemahaman konseptual melalui pengalaman belajar berbasis simulasi. Pola keterkaitan ini menegaskan bahwa teknologi VR tidak hanya meningkatkan interaksi antarpeserta didik, tetapi juga memperdalam pemahaman terhadap materi yang bersifat abstrak. Temuan ini selaras dengan pendapat Cuhanazriansyah (2023) yang menyoroti peran VR dalam mendukung kolaborasi dan pembelajaran berbasis pelatihan (*training-based learning*). Penerapan tersebut terbukti relevan terutama pada pendidikan vokasional yang menekankan keterampilan praktis dan pengalaman simulatif.

Klaster ketiga memperlihatkan hubungan antara *artificial intelligence* (AI) dan *e-learning*, yang merefleksikan tren integrasi teknologi cerdas dengan VR untuk mendukung pembelajaran daring yang adaptif. Pola ini menunjukkan bahwa kombinasi AI dan VR berpotensi menciptakan sistem pembelajaran yang lebih responsif terhadap kebutuhan individu. Adapun dua klaster lainnya, berwarna kuning dan oranye, berfokus pada tema *gamification*, *training*, serta *empathy*. Keterkaitan tersebut menegaskan peran VR dalam menghadirkan pengalaman belajar yang imersif, partisipatif, dan melibatkan aspek emosional peserta didik.

3) Analisis implementasi *virtual reality* (VR) pada Pembelajaran Digital (*e-learning*)

Tabel 3 : Analisis implementasi VR pada Pembelajaran Digital

No	Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Hasil & Kesimpulan
1	Chen, J., Fu, Z., Liu, H., & Wang, J.	2023	Effectiveness of Virtual Reality on Learning Engagement: A Meta-Analysis	VR meningkatkan keterlibatan belajar ($g=0.85$), terutama aspek kognitif; efektif di pendidikan tinggi.
2	Xin, Y.	2022	Influence of Learning Engagement on Learning Effect under a VR Environment	Keterlibatan emosional dan kognitif lebih tinggi pada kelompok VR; VR memediasi hasil belajar.
3	Jing, Z., Wang, D., & Zhang, Y.	2023	The Effect of Virtual Reality Game Teaching on Students' Immersion	Game VR meningkatkan imersi dan motivasi belajar siswa.
4	Ma, Y., Zhang, L., & Wu, M.	2022	Research on the Influence of Virtual Reality on the Learning Effect of Technical Skills of Science and Engineering College Students: Meta-Analysis Based on 32 Empirical Studies	VR efektif meningkatkan keterampilan teknis mahasiswa teknik ($SMD=0.36$).
5	Jiang, H., Zhu, D., Chugh, R., Turnbull, D., & Jin, W.	2025	VR and AR-Supported K-12 STEM Learning: Trends, Advantages and Challenges	117 artikel; VR/AR meningkatkan hasil STEM; tantangan: infrastruktur & gangguan operasional.
6	Liao, Y.	2023	Effect of Immersive VR Technology on Online Learning Outcomes	Konsentrasi & kenikmatan VR meningkatkan hasil belajar online signifikan ($p<0.01$).
7	Zhang, F.	2023	Teaching Reform of Cultural and Creative Product Design Based on VR	Integrasi VR meningkatkan kreativitas & evaluasi desain produk.
8	Deng, H., Du, Y., Cai, Q., & Yang, Y.	2023	Influence of Intelligent Technology Applications on the Learning Effect: VR as Example	VR berpengaruh positif terhadap hasil belajar; dipengaruhi jurusan dan kemampuan mandiri.
9	Gao, H., Hasenbein, L., Bozkir, E., Golner, R., & Kasneci, E.	2023	Exploring Gender Differences in Computational Thinking Learning in a VR Classroom	Model LightGBM menunjukkan perbedaan gender; rekomendasi personalisasi CT learning.
10	Thomann, H., Zimmermann, J., & Deutscher, V.	2024	How Effective is Immersive VR for Vocational Education?	VR meningkatkan motivasi belajar, namun tidak selalu meningkatkan hasil kognitif.

11	Barreda-Angeles, M., Horneber, J., & Hartmann, T.	2023	Social VR and Social Presence in Online Higher Education during COVID-19	Social VR meningkatkan kehadiran sosial & mengurangi isolasi; kendala teknis berkurang seiring waktu.
12	Fink, M. C., Sosa, D., Einsenlauer, V., & Ertl, B.	2023	Authenticity and Interest in Virtual Reality: Findings from an Experiment Including 3D Modeling and Photogrammetry	Fotogrametri menghasilkan keaslian & minat lebih tinggi dalam pembelajaran VR.
13	Holly, M., Resch, S., & Pirker, J.	2023	An Asymmetric Multiplayer Learning Environment for Room-Scale VR	VR multipemain meningkatkan empati, interaksi sosial, dan kolaborasi.
14	Petersen, G. B., Stenberdt, V., Mayer, R. E., & Makransky, G.	2023	Collaborative Generative Learning Activities in Immersive VR Increase Learning	Aktivitas generatif kolaboratif VR meningkatkan retensi dan transfer pengetahuan.
15	Lee, S., Shetty, A. S., & Cavuoto, A.	2024	Modeling Learning Using Continuous-Time Markov Chain for VR Surgical Training	VR mempercepat transisi skill dari novice ke expert; model CTMC akurat (>90%).
16	Kim, T., Planey, J., & Lindgren, R.	2023	Theory-Driven Design in Metaverse VR Learning Environments: Two Illustrative Cases	VR mempercepat waktu belajar & kurangi kesalahan; desain berbasis teori direkomendasikan.
17	Sobocinski, M., Dever, D., Wiedbusch, M., Azevedo, R., & Järvelä, S.	2024	Capturing Self-Regulated Learning Processes in VR	VR memungkinkan analisis metakognisi & SRL secara real-time.
18	Walkington, C., Nathan, J., & Washington, J.	2023	Multimodal Analysis of Interaction Data from Embodied Education Technologies	Data gerak tubuh & interaksi fisik dalam VR mendukung pembelajaran kolaboratif.
19	Serrano-Vergel, R., Morillo, P., Casas-Yrurzum, S., & Cruz-Neira, C.	2023	Suitability of VR and AR for Anatomy Training	VR/AR meningkatkan motivasi dan kemampuan spasial; efektif sebagai pelengkap anatomi.
20	Lee, J. Y., De Jong, N., Donkers, J., Jarodzka, H., & Van Merriënboer, J. J. G.	2024	Measuring Cognitive Load in VR Training via Pupillometry	Pupil dilation terbukti indikator valid beban kognitif dalam VR.
21	Vitaharju, P., Neiminen, M., Linnera, J., Yliniemi, K., & Karttunen, A. J.	2023	Student Experiences from VR-Based Chemistry Laboratory Exercises	Mahasiswa merasa VR pre-lab meningkatkan kesiapan & kepercayaan diri sebelum praktik nyata.
22	Fernandez Galeote, D., Legaki, N.-Z., & Hamari, J.	2023	From Traditional to Game-Based Learning of Climate Change: A Media Comparison Experiment	Tidak ada perbedaan signifikan antar media; VR tetap meningkatkan keterlibatan emosional.
23	Motejlek, J., & Alpay, E.	2023	Retention of Information in VR-based Engineering Simulations	Retensi informasi VR setara dengan metode nyata; VR meningkatkan efikasi diri.
24	Sanz-Prieto, M., González, P., & De Pablo Sánchez, N.	2024	Art Project VR for Global Citizenship Education	VR meningkatkan kesadaran global & empati lintas budaya; guru perlu pelatihan digital.

25	Wang, C.-M., Shao, C.-H., & Han, C.-E.	2022	Construction of Tangible VR-Based Interactive System for Intergenerational Learning	VR tangible meningkatkan empati & kolaborasi antar generasi; efektif dalam pembelajaran budaya.
26	Gorman, D., Hoermann, S., Lindeman, R. W., & Shahri, B.	2022	Using Virtual Reality to Enhance Food Technology Education	Skor SUS 80,4; VR meningkatkan keterlibatan, motivasi, & pengalaman belajar praktis.
27	Jongbloed, J., Chaker, R., & Lovoule, E.	2024	Immersive Procedural Training in VR: A Systematic Review	VR efektif untuk pelatihan prosedural; desain & kenyamanan pengguna jadi faktor kunci.
28	Tusher, H. M., Mallam, S., & Nazir, S.	2024	A Systematic Review of VR Features for Skill Training	VR dan AR efektif meningkatkan keterampilan; perlu adaptasi konteks industri.
29	Peng, M.	2023	Evaluation of Implementation Effects in Practical-Course Blended Learning Based on VR	Integrasi VR dalam blended learning meningkatkan performa & kolaborasi.
30	Kim, T., Planey, J., & Lindgren, R.	2023	Theory-Driven Design in Metaverse VR Learning Environments	VR metaverse mengoptimalkan interaksi & pemahaman konsep abstrak.
31	Li T., Yan J., Gao X., Liu H., Li J., Shang Y., Tang X.	2025	Using Virtual Reality to Enhance Surgical Skills and Engagement in Orthopedic Education: Systematic Review and Meta-Analysis	Efek positif signifikan (SMD=0.36); VR meningkatkan transfer skill teknis.

Berdasarkan hasil yang disajikan pada Tabel 3, mayoritas dari 31 artikel yang dianalisis menunjukkan bahwa sekitar 80% penelitian melaporkan peningkatan motivasi, keterlibatan, dan hasil belajar melalui penerapan VR. Meta-analisis yang dilakukan oleh Chen et al. (2023) mengindikasikan adanya efek besar ($g = 0,85$) terhadap aspek *learning engagement*. Sementara itu, Ma et al. (2022) melaporkan peningkatan keterampilan teknis mahasiswa dengan nilai SMD sebesar 0,36. Secara umum, VR paling banyak diterapkan pada bidang STEM, seni dan desain, serta pendidikan vokasional, sementara studi lain menekankan efektivitasnya dalam memperkuat empati, kolaborasi, dan pemahaman konseptual peserta didik.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tren publikasi terkait penggunaan *Virtual Reality* (VR) dalam pembelajaran digital mengalami peningkatan yang signifikan pada tahun 2023 dan sebagian besar menggunakan pendekatan kuantitatif. Temuan ini mengindikasikan bahwa topik VR telah menjadi fokus yang semakin penting dalam penelitian pendidikan digital. Peningkatan publikasi tersebut sejalan dengan teori *diffusion of innovation* oleh Rogers yang menjelaskan bahwa adopsi teknologi baru akan meningkat secara eksponensial setelah mencapai tahap penerimaan awal di kalangan akademisi. Tren ini juga selaras dengan hasil penelitian Radianti et al. (2020) yang menemukan bahwa penerapan VR dalam pendidikan tinggi menunjukkan peningkatan substansial serta kontribusi positif terhadap pengalaman belajar imersif. Dengan demikian, lonjakan jumlah publikasi ini tidak hanya menunjukkan ketertarikan akademis, tetapi juga menandakan pergeseran paradigma menuju *experiential digital learning* yang menekankan pembelajaran berbasis pengalaman. Hal ini sejalan dengan hasil tinjauan sistematis yang dilakukan oleh Noviantari dan Sudiarta (2022), yang menyimpulkan bahwa penerapan VR

dalam pendidikan memberikan dampak positif terhadap peningkatan motivasi, pemahaman konseptual, serta partisipasi aktif siswa dalam proses pembelajaran.

Selain peningkatan tren publikasi, penelitian ini juga menemukan bahwa penggunaan VR terbukti dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Siswa yang belajar dengan VR menunjukkan partisipasi aktif dan antusiasme yang lebih tinggi karena pengalaman belajar yang interaktif dan realistis. Temuan ini selaras dengan teori keterlibatan belajar (*student engagement theory*) yang menegaskan bahwa interaksi aktif dalam lingkungan imersif dapat memperkuat dimensi kognitif, afektif, dan perilaku peserta didik. Aini et al. (2023) juga menemukan bahwa penggunaan media VR dalam pembelajaran IPA di sekolah dasar berpengaruh signifikan terhadap peningkatan hasil belajar dan motivasi siswa, menunjukkan bahwa efektivitas VR tidak hanya berlaku di tingkat pendidikan tinggi, tetapi juga relevan di pendidikan dasar. Hasil ini semakin memperkuat kesimpulan bahwa VR berperan penting dalam menciptakan pembelajaran yang aktif, menyenangkan, dan bermakna di berbagai jenjang pendidikan. Penelitian terbaru oleh De Lorenzis et al. (2024) juga menunjukkan bahwa integrasi VR dengan model pembelajaran kolaboratif asimetris mampu meningkatkan interaksi sosial dan efektivitas pemecahan masalah dalam pembelajaran kimia. Temuan ini menegaskan bahwa desain aktivitas kolaboratif di lingkungan VR tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga memperkuat keterampilan komunikasi dan kerja sama antar peserta didik.

Namun demikian, penelitian ini juga mengungkapkan bahwa penerapan VR dalam pembelajaran menghadapi sejumlah hambatan yang cukup menonjol, seperti keterbatasan biaya, kurangnya perangkat yang memadai, dan rendahnya kompetensi guru dalam mengoperasikan teknologi tersebut. Hambatan ini dapat dipahami melalui teori *technological readiness* yang menekankan pentingnya kesiapan infrastruktur dan sumber daya manusia dalam menentukan keberhasilan adopsi teknologi pendidikan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Freina dan Ott (2015) yang menemukan bahwa penerapan VR di lingkungan sekolah sering terkendala oleh kurangnya pelatihan pedagogis dan kesiapan teknis pendidik. Selain itu, Musril et al. (2020) membuktikan bahwa implementasi VR dalam pembelajaran perakitan komputer dapat meningkatkan kemampuan prosedural dan keterampilan teknis siswa secara signifikan. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa efektivitas VR tidak hanya terbatas pada ranah kognitif, tetapi juga dapat memperkuat aspek psikomotorik dalam konteks pembelajaran kejuruan dan teknologis. Radianti et al. (2020) juga menambahkan bahwa sebagian besar penelitian VR di pendidikan tinggi masih berada pada tahap uji coba awal (*pilot implementation*) dan belum terintegrasi sepenuhnya ke dalam kurikulum formal. Oleh karena itu, diperlukan strategi sistematis untuk meningkatkan kapasitas pendidik serta dukungan kebijakan agar implementasi VR dapat berjalan efektif dan berkelanjutan.

Lebih lanjut, hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar studi mengenai VR dalam pembelajaran digital masih didominasi oleh pendekatan kuantitatif dan eksperimental. Kondisi ini menunjukkan perlunya diversifikasi metodologi agar pemahaman tentang dampak VR dapat lebih komprehensif dan kontekstual. Berdasarkan teori *constructivist learning*, pembelajaran yang efektif menuntut peran aktif siswa dalam membangun pengetahuan melalui eksplorasi dan refleksi. Cheng dan Tsai (2019) menegaskan bahwa integrasi VR dalam pembelajaran perlu diimbangi dengan desain instruksional berbasis konstruktivisme agar pengalaman belajar yang dihasilkan tidak hanya sensorial tetapi juga konseptual. Penelitian terkini oleh Jia et al (2024) mendukung pandangan ini dengan menunjukkan bahwa penggunaan *knowledge-graph-driven mind mapping* di lingkungan metaverse dapat memperkuat kolaborasi imersif dan keterhubungan antarpengalaman. Temuan tersebut menegaskan bahwa integrasi VR dengan sistem berbasis kecerdasan buatan mampu memfasilitasi pembelajaran kolaboratif

Copyright (c) 2025 EDUTECH : Jurnal Inovasi Pendidikan Berbantuan Teknologi

yang lebih adaptif dan personal. Dengan demikian, efektivitas penggunaan VR tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan teknologi, tetapi juga oleh pendekatan pedagogis yang mendukung proses berpikir kritis dan reflektif peserta didik.

Secara teoretis, hasil penelitian ini memperkuat pandangan bahwa VR berpotensi menjadi katalis transformasi pembelajaran digital menuju paradigma *immersive experiential learning*. VR memungkinkan peserta didik untuk mengalami proses belajar berbasis pengalaman secara langsung melalui interaksi di lingkungan virtual yang realistis. Hal ini sejalan dengan teori *experiential learning* oleh Kolb yang menyatakan bahwa pembelajaran akan lebih bermakna ketika individu mengalami, merefleksikan, dan mengaplikasikan pengetahuan dalam konteks nyata. Selain itu, temuan penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan teori pembelajaran digital dengan menegaskan pentingnya integrasi antara desain teknologi, prinsip pedagogis, dan teori motivasi belajar. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkaya bukti empiris mengenai efektivitas VR, tetapi juga memberikan arah bagi pengembangan strategi pembelajaran digital yang lebih interaktif, kolaboratif, dan berpusat pada peserta didik di masa depan.

KESIMPULAN

Hasil *Systematic Literature Review* (SLR) ini menegaskan bahwa penerapan *Virtual Reality* (VR) dalam pembelajaran digital memberikan dampak positif yang konsisten terhadap motivasi, keterlibatan, dan hasil belajar peserta didik. VR menciptakan pengalaman belajar yang imersif dan interaktif sehingga memperkuat proses konstruksi pengetahuan secara mandiri dan kontekstual. Temuan ini mengonfirmasi relevansi teori konstruktivisme dan *experiential learning* yang menekankan pentingnya pengalaman langsung dalam membangun pemahaman konseptual. Dengan demikian, penggunaan VR dapat dimaknai sebagai transformasi menuju model pembelajaran yang lebih partisipatif, reflektif, dan berpusat pada peserta didik.

Efektivitas penerapan VR ditentukan oleh kualitas desain instruksional, kesiapan infrastruktur teknologi, serta kompetensi digital pendidik dalam mengintegrasikan perangkat imersif ke dalam proses belajar. Faktor-faktor tersebut menjadi kunci agar pengalaman belajar berbasis VR dapat berlangsung optimal dan berkelanjutan. Meski demikian, tantangan seperti keterbatasan perangkat, biaya implementasi tinggi, dan kesenjangan digital antar lembaga masih perlu diatasi melalui kebijakan dan pelatihan strategis. Kolaborasi lintas disiplin dan penerapan *theory-driven design* menjadi pendekatan penting untuk memastikan keberhasilan adopsi VR di lingkungan pendidikan.

Secara teoretis, penelitian ini memperkuat posisi VR sebagai katalis transformasi pembelajaran digital menuju era *Society 5.0*, di mana teknologi berperan sebagai penghubung antara dimensi kognitif dan sosial peserta didik. Temuan ini mengimplikasikan bahwa VR tidak hanya meningkatkan efektivitas pembelajaran daring, tetapi juga mengembangkan empati, kolaborasi, dan kemandirian belajar. Dari sisi praktis, hasil kajian ini dapat dijadikan dasar bagi pendidik, pengembang kurikulum, dan pembuat kebijakan dalam merancang strategi pembelajaran berbasis teknologi imersif yang adaptif dan humanistik.

Ke depan, penelitian lanjutan perlu mengeksplorasi integrasi VR dengan teknologi cerdas lain seperti *Artificial Intelligence* (AI), *Augmented Reality* (AR), dan *learning analytics* untuk membangun sistem pembelajaran yang adaptif dan personal. Sinergi antarteknologi tersebut berpotensi memperluas peran VR sebagai fondasi pembelajaran berbasis data yang cerdas dan berkelanjutan. Melalui pendekatan interdisipliner, VR dapat dikembangkan menjadi medium pendidikan masa depan yang tidak hanya efisien secara teknologi, tetapi juga inklusif, kontekstual, dan berorientasi pada penguatan kapasitas manusia di era digital.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, N. N., Azizah, M., Bkti, R., & Thohir, M. A. (2023). Efektivitas penggunaan media pembelajaran Virtual Reality terhadap hasil belajar siswa pada pembelajaran IPA di SD. *Caruban: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan Dasar*, 6(2). <https://doi.org/10.33603/caruban.v6i2.8611>
- Aminudin, S., Rahmawati, T., & Ismail, A. Y. (2024). Penggunaan teknologi virtual reality dalam proses pembelajaran untuk meningkatkan pemahaman siswa di Indonesia: Sebuah tinjauan literatur. *Edubiologica*, 12(1), 1-5. <https://doi.org/10.25134/edubiologica.v12i1.10557>
- Barreda-Angeles, M., Horneber, H., & Hartmann, T. (2023). Easily applicable social virtual reality and social presence in online higher education during the COVID-19 pandemic: A qualitative study. *Computers & Education XR*, 2, 100024. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100024>
- Chen, J., Fu, Z., Liu, H., & Wang, J. (2023). Effectiveness of virtual reality on learning engagement: A meta-analysis. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies*, 19(1), 1–14. <https://doi.org/10.4018/IJWLTT.334849>
- Cheng, K.-H., & Tsai, C.-C. (2019). A case study of immersive virtual field trips in an elementary classroom: Students' learning experience and teacher–student interaction behaviors. *Computers & Education*, 140, 103600. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103600>
- Cuhanazriansyah, M. R. (2023). Kontribusi Pembelajaran berbasis Virtual Reality (VR) dalam upaya Peningkatan Pembelajaran Berkelanjutan. *INFOTIKA: Jurnal Pendidikan Informatika*, 2(2), 1-4. <https://jurnal.habi.ac.id/index.php/Info/article/view/264>
- De Lorenzis, F., Visconti, A., Restivo, S., Mazzini, F., Esposito, S., Garofalo, S. F., Marmo, L., Fino, D., & Lamberti, F. (2024). Combining virtual reality with asymmetric collaborative learning: A case study in chemistry education. *Smart Learning Environments*, 11(1), 43. <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00331-8>
- De Moraes Rossetto, A. G., Martins, T. C., Silva, L. A., Leithardt, D. R. F., Bermejo-Gil, B. M., & Leithardt, V. R. Q. (2023). An analysis of the use of augmented reality and virtual reality as educational resources. *Computer Applications in Engineering Education*, 31(6), 1761–1775. <https://doi.org/10.1002/cae.22671>
- Deng, H., Du, Y., Cai, Q., & Yang, Y. (2023). Influence of intelligent technology applications on the learning effect: *Virtual reality as an example*. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 18(10), 4–18. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i10.38713>
- Fernandez Galeote, D., Legaki, N.-Z., & Hamari, J. (2023). From traditional to game-based learning of climate change: A media comparison experiment. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 7, 503–425. <https://doi.org/10.1145/3611039>
- Fink, M. C., Sosa, D., Einsenlauer, V., & Ertl, B. (2023). Authenticity and interest in virtual reality: Findings from an experiment including educational virtual environments created with 3D modeling and photogrammetry. *Frontiers in Education*, 8, 969966. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.969966>
- Freina, L., & Ott, M. (2015, April). A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. In *Proceedings of the International Scientific Conference eLearning and Software for Education (eLSE) (Vol. 1, pp. 133–141)*. Bucharest, Romania: Carol I National Defence University. Retrieved from https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/93940955/eLSE_202015_20Freina_20Ott_20Paper-libre.pdf

- Gao, H., Hasenbein, L., Bozkir, E., Golner, R., & Kasneci, E. (2023). Exploring gender differences in computational thinking learning in a VR classroom: Developing machine learning models using eye-tracking data and explaining the models. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 33(4), 929–954. <https://doi.org/10.1007/s40593-022-00316-z>
- Gorman, D., Hoermann, S., Lindeman, R. W., Shahri, B. (2022). Using Virtual Reality to Enchange Food Technnnology Education. *International Journal of echnology and Design ducation*, 32(3), p. 1659-1677 <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09669-3>
- Holly, M., Resch, S., & Pirker, J. (2023). An asymmetric multiplayer learning environment for room-scale virtual reality and a handheld device. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 7(MHCI), 197. <https://doi.org/10.1145/3604244>
- Jia, Y., Wang, X. E., Sin, Z. P.T., Cao, J., Li, Q. (2024). Knowledge-Graph_driven Mind Mapping for Immersive Callaboriative Learning : A Pilot Study in Edu-Metaverse. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 17, pp. 1834-1848 <https://doi.org/10.1109/TLT.2024.3406638>
- Jiang, H., Zhu, D., Chugh, R., Turnbull, D., & Jin, W. (2025). Virtual reality and augmented reality-supported K-12 STEM learning: Trends, advantages and challenges. *Education and Information Technologies*, 30(9), 12827–12863. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13210-z>
- Jing, Z., Wang, D., & Zhang, Y. (2023). The effect of virtual reality game teaching on students' immersion. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 18(8), 183–195. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i08.37825>
- Jongbloed, J., Chaker, R., & Lovoule, E. (2024). Immersive procedural training in virtual reality: A systematic literature review. *Computers & Education*, 221, 105124. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105124>
- Kim, T., Planey, J., & Lindgren, R. (2023). Theory-driven design in metaverse virtual reality learning environments: Two illustrative cases. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 16(6), 1141–1153. DOI: [10.1109/TLT.2023.3307211](https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3307211)
- Lee, J. Y., De Jong, N., Donkers, J., Jarodzka, H., & Van Merriënboer, J. J. G. (2024). Measuring cognitive load in virtual reality training via pupillometry. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 17, 704–710. <https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3326473>
- Lee, S., Shetty, A. S., & Cavuoto, A. (2024). Modeling of learning processes using continuous-time Markov chain for virtual-reality-based surgical training in laparoscopic surgery. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 17, 462–473. <https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3236899>
- Li T., Yan J., Gao X., Liu H., Li J., Shang Y., Tang X. (2025). Using Virtual Reality to Enhance Surgical Skills and Engagement in Orthopedic Education: Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 27, e70266. <https://doi.org/10.2196/70266>
- Liao, Y. (2023). Effect of immersive virtual reality technology on online learning outcomes. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 18(13), 62–73. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i13.41201>
- Ma, Y., Zhang, L., & Wu, M. (2022). Research on the influence of virtual reality on the learning effect of technical skills of science and engineering college students: Meta-analysis based on 32 empirical studies. *International Journal of Digital Multimedia Broadcasting*, 2022, 6202370. <https://doi.org/10.1155/2022/6202370>

- Motejlek, J., & Alpay, E. (2023). The retention of information in virtual reality-based engineering simulations. *European Journal of Engineering Education*, 48(5), 929–948. <https://doi.org/10.1080/03043797.2022.2160968>
- Musril, H. A., Jasmienti, J., & Hurrahman, M. (2020). Implementasi teknologi Virtual Reality pada media pembelajaran perakitan komputer. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika: JANAPATI*, 9(1), 83–95. <https://doi.org/10.23887/janapati.v9i1.23215>
- Noviantari, P. S., & Sudiarta, I. G. P. (2022). Tinjauan Sistematis Virtual Reality Untuk Pendidikan. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Matematika Indonesia*, 11(2), 61–68. <https://ejournal2.undiksha.ac.id/index.php/JPM/article/view/789>
- Peng, M. (2023). Evaluation and analysis of the implementation effects in practical-course blended learning based on virtual reality. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 18(15), 45–53. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i15.42379>
- Petersen, G. B., Stenberdt, V., Mayer, R. E., & Makransky, G. (2023). Collaborative generative learning activities in immersive virtual reality increase learning. *Computers & Education*, 207, 104931. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104931>
- Pramesti, A. A., Sitompul, R. P., Sopiya, N., & Fitroh, F. (2022). Systematic literature review: Pemanfaatan Virtual Reality (VR) sebagai alternatif media pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 19(2). <https://doi.org/10.23887/jptkundiksha.v19i2.48027>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & 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. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Sanz-Prieto, M., De Pablo González, G., & De Pablo Sánchez, N. (2024). Art project virtual reality for global citizenship education. *Technology, Knowledge and Learning*, 29(2), 1–27. <https://doi.org/10.1007/s10758-023-09716-z>
- Serrano-Vergel, R., Morillo, P., Casas-Yruzum, S., & Cruz-Neira, C. (2023). Exploring the suitability of using virtual reality and augmented reality for anatomy training. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 53(2), 378–389. <https://doi.org/10.1109/THMS.2023.3235250>
- Sobocinski, M., Dever, D., Wiedbusch, M., Azevedo, R., & Järvelä, S. (2024). Capturing self-regulated learning processes in virtual reality: Causal sequencing of multimodal data. *British Journal of Educational Technology*, 55(4), 1486–1506. <https://doi.org/10.1111/bjet.13393>
- Suhardi, M., Isbullah, I., Pernanda, Y. A., Ariyanti, L., & Fajri, A. (2025). Efektivitas teknologi virtual reality dalam pembelajaran IPA di sekolah dasar: Kajian literatur. *Natural: Jurnal Ilmu Sains dan Terapan*, 1(1), 1–11. <https://www.jurnalp4i.com/index.php/natural/article/view/5067/3738>
- Thomann, H., Zimmermann, J., & Deutscher, V. (2024). How effective is immersive VR for vocational education? Analyzing gains and motivational effect. *Computers & Education*, 220, 105127. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105127>
- Tusher, H. M., Mallam, S., & Nazir, S. (2024). A systematic review of virtual reality features for skill training. *Technology, Knowledge and Learning*, 29, 843–878. <https://doi.org/10.1007/s10758-023-09713-2>
- Vitaharju, P., Neiminen, M., Linnerna, J., Yliniemi, K., & Karttunen, A. J. (2023). Student experiences from virtual reality-based chemistry laboratory exercises. *Education for Chemical Engineers*, 44, 191–199. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2023.06.004>

- Walkington, C., Nathan, J., & Washington, J. (2023). Multimodal analysis of interaction data from embodied education technologies. *European Journal of Engineering Education*, 48(5), 929–948. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10254-9>
- Wang, C.-M., Shao, C.-H., & Han, C.-E. (2022). Construction of a tangible VR-based interactive system for intergenerational learning. *Sustainability*, 14(10), 6067. <https://doi.org/10.3390/su14106067>
- Xin, Y. (2022). Influence of learning engagement on learning effect under a virtual reality (VR) environment. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 17(5), 226–237. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i05.29451>
- Zhang, F. (2023). Teaching reform of cultural and creative product design based on virtual reality (VR) technology. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies*, 18(2), 1–5. <https://doi.org/10.4018/IJWLTT.331759>