

Pemanfaatan *Virtual Reality* Sebagai Media Pembelajaran Informatika SMP Untuk Mendukung Motivasi dan Berpikir Kritis

I Nyoman Haryantara*, Ketut Agustini, I Gde Wawan Sudatha, I Kadek Suartama

Universitas Pendidikan Ganesha, Indonesia

*haryantara@student.undiksha.ac.id

Abstract

Virtual Reality (VR) is increasingly used in education to represent abstract, procedural, and dynamic concepts, yet evidence concerning its relevance to junior high school Informatics remains fragmented across subjects, learner levels, devices, research designs, and instruments. This study aimed to synthesize the potential contribution of VR to learning motivation and critical thinking, identify pedagogical and implementation factors, and map research gaps for Informatics learning. A Systematic Literature Review following PRISMA 2020 examined Google Scholar, ERIC, Scopus, and IEEE Xplore on 5–10 May 2026. Twenty-five peer-reviewed journal articles published in 2014–2025 met the criteria and were analyzed through thematic coding. Categories could overlap because one article addressed several themes. Sixteen articles examined motivation-related constructs, five directly addressed critical thinking, eight discussed related constructs such as problem solving, inquiry, metacognition, or computational thinking, fifteen emphasized pedagogical design, eleven reported implementation factors, and only three were directly related to computer science or computational thinking. The evidence indicates a tendency that VR may support motivation through presence, interactivity, challenge, feedback, and contextual visualization; however, outcomes varied according to population, duration, device, and measurement. Evidence for critical thinking was more limited and suggested potential facilitation only when VR was combined with meaningful problems, scaffolding, reflection, discussion, and appropriate assessment. Technical readiness, teacher competence, curriculum alignment, digital literacy, and cybersickness also influenced implementation. In conclusion, VR shows educational potential for junior high school Informatics, but current evidence is heterogeneous and mostly indirect. Further classroom-based, longitudinal studies using validated motivation and critical-thinking instruments are required in Indonesia.

Keywords: *Virtual Reality; Informatics Learning; Learning Motivation; Critical Thinking; Systematic Literature Review*

Abstrak

Virtual Reality (VR) semakin banyak dimanfaatkan dalam pendidikan untuk merepresentasikan konsep abstrak, prosedural, dan dinamis, tetapi bukti mengenai relevansinya bagi pembelajaran Informatika SMP masih tersebar pada mata pelajaran, jenjang peserta didik, perangkat, desain penelitian, dan instrumen yang beragam. Penelitian ini bertujuan menyintesis potensi kontribusi VR terhadap motivasi belajar dan berpikir kritis, mengidentifikasi faktor pedagogis dan implementasi, serta memetakan kesenjangan penelitian bagi pembelajaran Informatika. Systematic Literature Review yang mengikuti PRISMA 2020 menelusuri Google Scholar, ERIC, Scopus, dan IEEE Xplore pada 5-10 Mei

2026. Sebanyak 25 hasil penelitian pada jurnal *peer-reviewed* terbit tahun 2014-2025 memenuhi kriteria dan dianalisis melalui pengodean tematik. Kategori dapat bertumpang tindih karena satu penelitian membahas beberapa tema. Enam belas penelitian mengkaji konstruk terkait motivasi, lima membahas berpikir kritis secara langsung, delapan membahas konstruk terkait seperti pemecahan masalah, inkuiri, metakognisi, atau berpikir komputasional, lima belas menekankan desain pedagogis, sebelas melaporkan faktor implementasi, dan hanya tiga berkaitan langsung dengan ilmu komputer atau berpikir komputasional. Bukti menunjukkan kecenderungan bahwa VR berpotensi mendukung motivasi melalui kehadiran virtual, interaktivitas, tantangan, umpan balik, dan visualisasi kontekstual; namun, hasil berbeda menurut populasi, durasi, perangkat, dan pengukuran. Bukti berpikir kritis lebih terbatas dan menunjukkan potensi fasilitasi hanya ketika VR dipadukan dengan masalah bermakna, *scaffolding*, refleksi, diskusi, dan asesmen yang tepat. Kesiapan teknis, kompetensi guru, keselarasan kurikulum, literasi digital, dan *cybersickness* juga memengaruhi implementasi. Simpulannya, VR memiliki potensi pendidikan bagi Informatika SMP, tetapi bukti saat ini heterogen dan sebagian besar tidak langsung. Penelitian kelas longitudinal dengan instrumen motivasi dan berpikir kritis tervalidasi masih diperlukan di Indonesia secara lebih luas.

Kata Kunci: *Virtual Reality; Pembelajaran Informatika; Motivasi Belajar; Berpikir Kritis; Systematic Literature Review*

Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mengubah orientasi pembelajaran dari penyampaian informasi menjadi pengalaman belajar yang aktif, interaktif, dan berpusat pada peserta didik. Dalam konteks pendidikan abad ke-21, pembelajaran tidak cukup hanya menekankan penguasaan materi, tetapi juga perlu mengembangkan literasi digital, pemecahan masalah, kolaborasi, komunikasi, dan berpikir kritis. Mata pelajaran Informatika pada jenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP) menjadi penting karena memperkenalkan cara berpikir komputasional, sistem komputer, jaringan, data, algoritma, dan dampak sosial teknologi sebagai dasar kecakapan digital peserta didik.

Karakteristik materi Informatika tidak selalu mudah dijelaskan melalui teks atau gambar statis. Proses pengiriman paket data pada jaringan, cara kerja perangkat dalam sistem komputer, logika percabangan dalam algoritma, keamanan digital, dan proses *debugging* merupakan contoh materi yang memiliki dimensi abstrak, prosedural, dan dinamis. Literatur tentang *computational thinking* menegaskan bahwa peserta didik sering membutuhkan pengalaman belajar yang konkret, visual, dan bertahap agar mampu menghubungkan konsep komputasi dengan praktik pemecahan masalah (Grover & Pea, 2013; Sukirman et al., 2023).

Dalam konteks Indonesia, penelitian Handoko et al., (2024) pada mata pelajaran *Computer Science* menunjukkan masih adanya kesenjangan kemampuan komputasional siswa dan kebutuhan media yang lebih imersif, sedangkan Sukirman et al., (2023) menunjukkan bahwa game VR berbiaya rendah dapat diterima siswa untuk belajar *computational thinking*. Bukti tersebut belum sepenuhnya mewakili Informatika SMP, tetapi menunjukkan kebutuhan akan media yang lebih interaktif untuk materi komputasi. Dalam penelitian ini, *Virtual Reality* (VR) didefinisikan secara operasional sebagai lingkungan digital tiga dimensi yang disimulasikan komputer dan memungkinkan pengguna merasa hadir, mengamati, bergerak, atau berinteraksi dengan objek virtual melalui perangkat seperti *head-mounted display*, perangkat mobile berbasis cardboard, atau *desktop virtual*

environment. Definisi ini dibedakan dari *augmented reality* yang menambahkan objek digital pada lingkungan nyata, *mixed reality* yang menggabungkan interaksi dunia nyata dan virtual secara lebih menyatu, serta video 360-degree yang umumnya memberi pengalaman melihat ke segala arah tetapi memiliki interaksi terbatas.

Dengan batasan tersebut, kajian ini tetap mencatat tingkat imersi, perangkat, dan jenis interaksi karena faktor tersebut dapat memengaruhi motivasi, beban kognitif, dan kualitas belajar (Jensen & Konradsen, 2018; Makransky & Petersen, 2021). Secara teoretis, penggunaan VR dalam pembelajaran perlu dijelaskan melalui hubungan antara fitur teknologi dan proses belajar. *Cognitive Theory of Multimedia Learning* menjelaskan bahwa pembelajaran akan lebih bermakna ketika informasi verbal dan visual disusun sehingga siswa dapat memilih, mengorganisasi, dan mengintegrasikan informasi dalam memori kerja (Mayer, 2021).

Cognitive Load Theory menekankan pentingnya pengelolaan beban kognitif agar siswa tidak kelebihan informasi saat berinteraksi dengan media kompleks (Sweller, 1988). Sementara itu, *Cognitive Affective Model of Immersive Learning* menjelaskan bahwa imersi dapat memengaruhi *presence* dan *agency*, lalu berinteraksi dengan *interest*, *self-efficacy*, emosi, dan beban kognitif untuk memengaruhi pembelajaran (Makransky & Petersen, 2021). Oleh karena itu, VR dapat mendukung motivasi dan berpikir kritis bukan karena teknologinya semata, melainkan karena desain tugas, interaksi, umpan balik, dan refleksi yang mengarahkan pengalaman imersif menjadi proses berpikir. Motivasi belajar dalam kajian ini tidak disamakan dengan semua bentuk keterlibatan.

Motivasi dipahami sebagai dorongan internal dan eksternal yang membuat siswa memberi perhatian, merasa relevan, percaya diri, dan puas terhadap aktivitas belajar (Keller, 2010). *Engagement* dipahami sebagai keterlibatan perilaku, emosi, dan kognitif dalam tugas belajar; *interest* dipahami sebagai ketertarikan terhadap objek atau aktivitas tertentu; *self-efficacy* dipahami sebagai keyakinan siswa terhadap kemampuan dirinya; sedangkan *presence* dipahami sebagai rasa hadir dalam lingkungan virtual. Perbedaan ini penting karena sebagian penelitian VR melaporkan emosi positif atau *presence*, tetapi tidak selalu mengukur motivasi belajar dengan instrumen motivasi yang jelas. Berpikir kritis juga perlu dibedakan dari konstruk lain.

Berpikir kritis merujuk pada kemampuan menginterpretasi, menganalisis, mengevaluasi, menyimpulkan, menjelaskan alasan, dan melakukan regulasi diri. *Problem solving* lebih menekankan proses menemukan solusi; *inquiry* menekankan pengajuan pertanyaan dan penyelidikan; *metacognition* menekankan kesadaran terhadap proses berpikir; *computational thinking* menekankan dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, algoritma, dan *debugging*; sedangkan *learning outcomes* dapat berupa capaian pengetahuan tanpa mengukur berpikir kritis secara langsung. Perbedaan ini menjadi dasar pengodean agar klaim tentang dampak VR tidak berlebihan.

Tinjauan terdahulu telah memberikan gambaran penting tentang VR pendidikan. Merchant et al., (2014) melakukan meta-analisis pada K-12 dan pendidikan tinggi dengan fokus hasil belajar. Di Natale et al., (2020) meninjau riset *immersive* VR pada K-12 dan pendidikan tinggi, sedangkan Radianti et al., (2020) berfokus pada pendidikan tinggi dan elemen desain aplikasi. Hamilton et al., (2021) menekankan *learning outcomes* kuantitatif dan desain eksperimen, sementara Rojas-Sánchez et al., (2023) memetakan lanskap bibliometrik VR pendidikan. Namun, tinjauan tersebut belum secara khusus memetakan hubungan VR dengan karakteristik pembelajaran Informatika SMP, motivasi belajar, berpikir kritis, desain pedagogis, dan konteks implementasi Indonesia. Dengan demikian,

perbedaan kajian ini terletak pada fokus jenjang pendidikan menengah pertama, mata pelajaran Informatika, pemisahan konstruk motivasi dan berpikir kritis, pemetaan desain pembelajaran, serta penegasan kekuatan bukti berdasarkan jenis penelitian. Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini diarahkan untuk menjawab lima pertanyaan penelitian.

RQ1, bagaimana tren dan karakteristik penelitian tentang VR yang relevan dengan pembelajaran Informatika SMP berdasarkan tahun publikasi, negara, jenjang, desain penelitian, perangkat VR, dan bidang pembelajaran? RQ2, bagaimana kecenderungan kontribusi VR terhadap motivasi belajar siswa? RQ3, bagaimana kecenderungan kontribusi VR terhadap berpikir kritis siswa, dengan membedakannya dari *problem solving*, *inquiry*, *metacognition*, *computational thinking*, dan *learning outcomes*? RQ4, faktor apa saja yang mendukung dan menghambat implementasi VR dalam pembelajaran? RQ5, kesenjangan penelitian apa yang dapat menjadi dasar pengembangan media VR Informatika SMP pada penelitian berikutnya?.

Metode

Penelitian ini merupakan penelitian kepustakaan dengan desain *Systematic Literature Review* (SLR) yang mengikuti PRISMA 2020 (Page et al., 2021). Penelusuran dilakukan pada 5-10 Mei 2026 melalui *Google Scholar*, *ERIC*, *Scopus*, dan *IEEE Xplore* menggunakan kombinasi operator *Boolean* untuk istilah *virtual reality*, *immersive learning*, *Informatics/computer science education*, *junior high school/secondary education*, *motivation*, *critical thinking*, dan *computational thinking*, beserta padanan Bahasa Indonesia. *Google Scholar* dibatasi pada 200 hasil pertama berdasarkan relevansi, sedangkan basis data lain menelusuri judul, abstrak, dan kata kunci. Kriteria inklusi meliputi penelitian pada jurnal *peer-reviewed* berbahasa Indonesia atau Inggris, terbit 2014-2025, tersedia dalam teks lengkap, membahas VR dalam konteks pendidikan, dan relevan dengan variabel atau konteks kajian; prosiding, buku, penelitian opini, sumber populer, peneliti *AR/MR* tanpa komponen VR terpisah, serta penelitian tanpa konteks pembelajaran dikeluarkan. Dari 510 dokumen, 96 duplikasi dihapus, 414 dokumen disaring, 82 penelitian dinilai penuh, dan 25 penelitian ditetapkan sebagai korpus. Data diekstraksi menggunakan lembar seleksi dan matriks karakteristik, kemudian dianalisis melalui pengodean serta sintesis tematik berdasarkan lima pertanyaan penelitian.

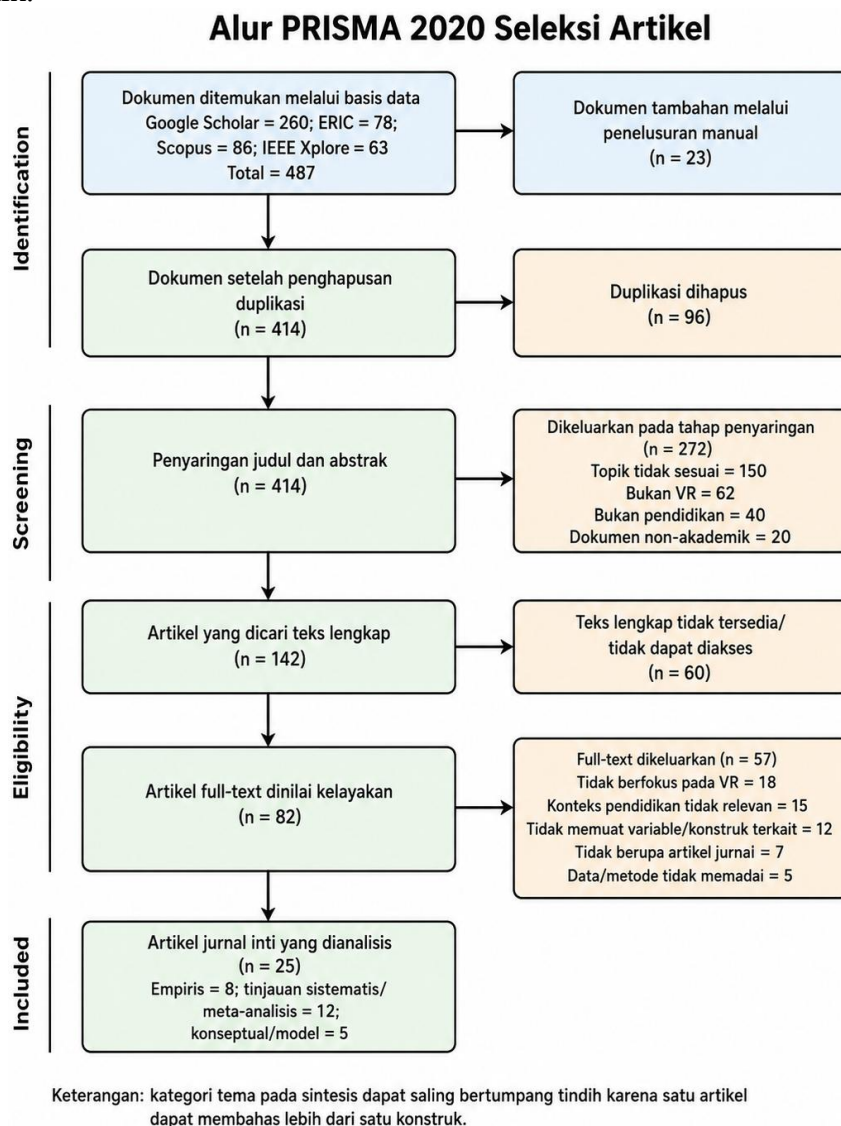
Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan disajikan secara terpadu berdasarkan lima pertanyaan penelitian. Sintesis dilakukan terhadap 25 penelitian dari jurnal inti. Korpus tidak diperlakukan sebagai bukti yang setara karena terdiri atas penelitian empiris, *systematic review*, *meta-analysis*, penelitian konseptual, dan penelitian model teoretis. Kategori tema bersifat tumpang tindih karena satu penelitian dapat membahas lebih dari satu konstruk, misalnya *learning motivation* sekaligus *engagement* atau desain pedagogis.

1. Proses Seleksi Penelitian Berdasarkan PRISMA

Proses seleksi penelitian mengikuti empat tahap *PRISMA 2020*, yaitu *identification*, *screening*, *eligibility*, dan *included*. Pada tahap *identification* ditemukan 487 dokumen dari basis data dan 23 dokumen tambahan melalui penelusuran manual. Setelah 96 duplikasi dihapus, 414 dokumen diproses pada tahap *screening*. Sebanyak 272 dokumen dikeluarkan karena tidak sesuai topik, bukan VR, bukan konteks pendidikan, atau bukan dokumen akademik. Dari 142 penelitian yang dicari teks lengkapnya, 60 penelitian tidak tersedia atau

tidak dapat diakses. Pada tahap *eligibility*, 82 *full-text* dinilai dan 57 penelitian dikeluarkan karena tidak berfokus pada VR, konteks pendidikan tidak relevan, tidak memuat konstruk yang dikaji, tidak berupa penelitian pada jurnal, atau memiliki data/metode yang tidak memadai. Jumlah akhir pada tahap *included* adalah 25 penelitian dari jurnal yang dianalisis secara tematik.



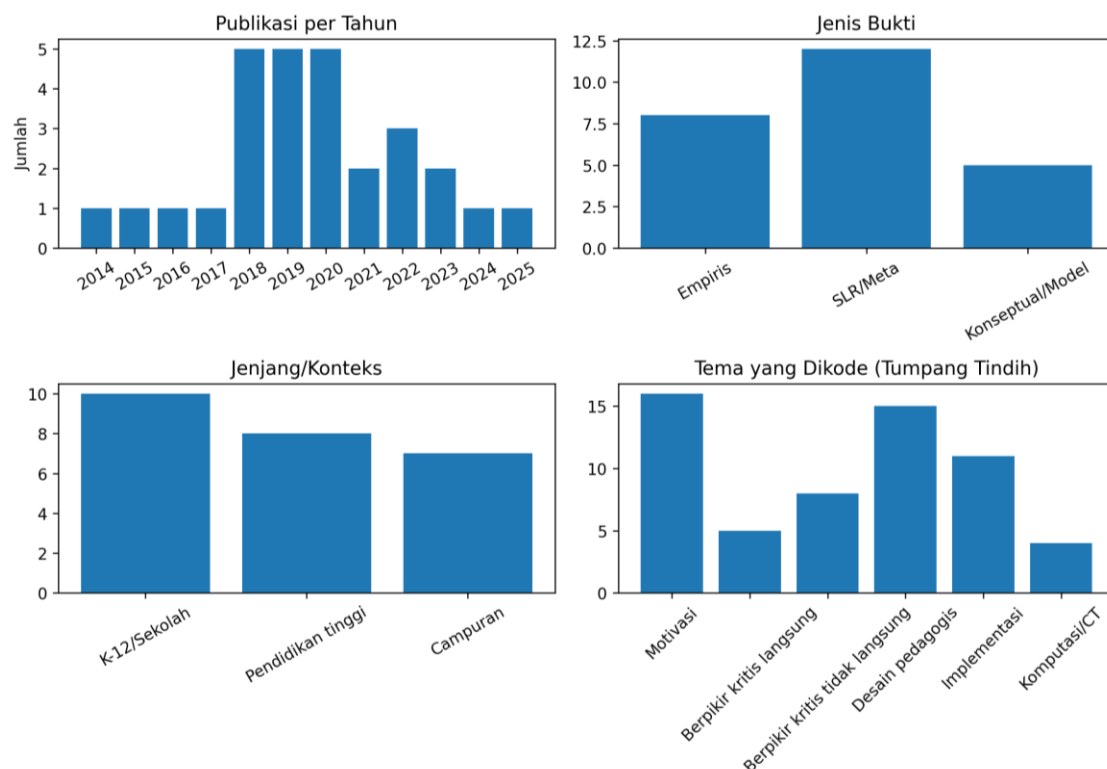
Gambar 1. Diagram PRISMA 2020 Seleksi Penelitian SLR
(Sumber: Diolah Penulis, 2026)

2. Tren dan Karakteristik Penelitian yang Direview

RQ1 dijawab melalui pemetaan tahun publikasi, negara, jenjang, bidang pembelajaran, desain penelitian, perangkat VR, dan fokus variabel. Penelitian yang dianalisis menunjukkan peningkatan perhatian terhadap VR pendidikan setelah 2018. Sebagian besar penelitian tidak secara langsung membahas Informatika SMP, melainkan memberikan bukti tidak langsung dari *K-12*, *STEM*, pendidikan tinggi, dan *computational thinking*. Hal ini memperkuat posisi kajian ini sebagai sintesis yang berhati-hati, bukan generalisasi efektivitas VR untuk semua konteks.

Tabel 1. Distribusi Penelitian Berdasarkan Tahun, Jenis Bukti, Jenjang, dan Bidang			
Kategori	Rincian	Jumlah	Catatan
Tahun publikasi	2014-2017 = 4; 2018-2020 = 15; 2021-2025 = 6	25	Puncak penelitian dalam korpus terjadi pada 2018-2020
Jenis bukti	Empiris = 8; <i>systematic review/meta-analysis</i> = 12; konseptual/model = 5	25	Tingkat kekuatan bukti tidak diperlakukan sama
Jenjang/konteks	K-12/sekolah = 10; pendidikan tinggi = 8; campuran = 7	25	Sebagian studi relevan tidak langsung untuk SMP
Bidang pembelajaran	STEM/sains = 8; umum pendidikan = 8; komputasi/CT = 3; pelatihan/teknik = 6	25	Hanya 3 penelitian langsung berkaitan dengan komputasi atau CT
Perangkat VR	HMD/imersif penuh = 12; desktop/semi-imersif = 4; campuran/tidak spesifik = 9	25	Perbedaan perangkat memengaruhi <i>presence</i> dan beban kognitif
Tema temuan	Motivasi = 16; berpikir kritis langsung = 5; konstruk terkait = 8; desain = 15; implementasi = 11	Tumpang tindih	Satu penelitian dapat masuk beberapa tema

Sumber: Diolah Penulis, 2026



Gambar 2. Distribusi Tahun, Jenis Bukti, Jenjang, dan Tema Penelitian
(Sumber: Diolah Penulis, 2026)

Tabel 2. Karakteristik Metodologis Penelitian Inti

No	Penelitian	Jenis Bukti	Konteks	Perangkat/ Imersi	Variabel Utama	Instrumen/ Data	Kualitas
1	Merchant et al., (2014)	<i>Meta-analysis</i>	K-12 & PT/ campuran	VR berbasis instruksi	<i>Learning outcomes</i>	Instrumen studi primer	Kuat
2	Fowler (2015)	<i>Conceptual article</i>	Pendidikan tinggi/ umum	VR pedagogis	Pedagogi VR	Kajian konseptual	Sedang
3	Slater & Sanchez-Vives (2016)	<i>Review article</i>	Umum	<i>Immersive VR</i>	<i>Presence, embodiment</i>	Kajian teori VR	Sedang
4	Kavanagh et al., (2017)	<i>Systematic review</i>	Berbagai jenjang	Campuran	Manfaat dan kendala VR	Koding penelitian	Sedang
5	Alfalah (2018)	Empiris survei	Pendidikan tinggi/IT	VR <i>teaching aid</i>	Adopsi, hambatan	Kuesioner persepsi	Sedang
6	Allcoat & von Mühlenen (2018)	Eksperimen	Pendidikan tinggi/psikologi	HMD/ <i>immersive VR</i>	<i>Engagement, emosi, performa</i>	Tes & skala emosi	Kuat
7	Jensen & Konradsen (2018)	<i>Review</i>	Pendidikan /pelatihan	HMD VR	Implementasi, pengalaman	Sintesis literatur	Sedang
8	Makransky & Lilleholt (2018)	Empiris model struktural	Pendidikan sains	<i>Immersive & desktop VR</i>	<i>Presence, motivasi, emosi</i>	Model persamaan struktural	Kuat
9	Parong & Mayer (2018)	Eksperimen	Pendidikan sains	<i>Immersive VR</i>	<i>Learning outcomes, strategi generatif</i>	Tes & eksperimen	Kuat
10	Concannon et al., (2019)	<i>Systematic review</i>	<i>Post-secondary/ pelatihan</i>	HMD VR	Desain dan pelatihan	Sintesis literatur	Sedang
11	Elmqaddem (2019)	<i>Review article</i>	Pendidikan umum	AR/VR	Peluang dan tantangan	Kajian literatur	Sedang
12	Huang et al., (2019)	Eksploratif empiris	Pendidikan sains	AR/VR mobile	Retensi pengetahuan	Tes pengetahuan	Sedang
13	Makransky et al., (2019)	RCT/eksperimen	Simulasi laboratorium sains	<i>Immersive VR</i>	<i>Presence, beban kognitif, belajar</i>	Tes, skala <i>presence</i>	Kuat
14	Pellas et al., (2019)	<i>Systematic review</i>	Primary & secondary school	<i>Immersive/ game-based learning</i>	<i>Engagement, desain sosial</i>	Sintesis literatur	Sedang

15	Di Natale et al., (2020)	<i>Systematic review</i>	K-12 & PT	<i>Immersive VR</i>	Motivasi, hasil belajar	Sintesis empiris	Kuat
16	Fransson et al., (2020)	Empiris kualitatif	K-12/guru	HMD VR	Faktor implementasi	Wawancara & observasi	Kuat
17	Radianti et al., (2020)	<i>Systematic review</i>	Pendidikan tinggi	<i>Immersive VR</i>	Desain elemen, agenda riset	<i>Systematic mapping</i>	Kuat
18	Wu et al., (2020)	<i>Meta-analysis</i>	Berbagai jenjang	HMD VR	<i>Learning performance</i>	<i>Effect size</i>	Kuat
19	Hamilton et al., (2021)	SLR kuantitatif	Pendidikan umum	HMD/ <i>immersive VR</i>	<i>Learning outcomes</i> , desain eksperimen	Kualitas studi	Kuat
20	Makransky & Petersen (2021)	Model teoretis	Pendidikan umum	<i>Immersive VR</i>	CAMIL: kognitif-afektif	Sintesis teori	Kuat
21	Villena-Taranilla et al., (2022)	<i>Meta-analysis</i>	K-6	Campuran VR	<i>Learning gains</i>	<i>Effect size</i>	Kuat
22	Yu & Xu (2022)	<i>Meta-analysis</i> & SLR	Pendidikan teknik/umum	VR teknologi	<i>Learning outcomes</i>	<i>Effect size</i>	Kuat
23	Rojas-Sánchez et al., (2023)	SLR & bibliometrik	Pendidikan umum	VR pendidikan	Tren, negara, tema	Analisis bibliometrik	Kuat
24	Sukirman et al., (2023)	DDR empiris	SMK/CT	<i>Low-budget VR game</i>	<i>Computational thinking</i> , TAM	Kuesioner TAM	Sedang
25	Handoko et al., (2024)	R&D empiris	SMA/Computer Science	MilleaLab/VR mobile	<i>Computational cognitive skills</i>	Validasi, pretest-posttest	Sedang

Sumber: Diolah Penulis, 2026

Tabel 2 menunjukkan bahwa penelitian ini masih heterogen. Penelitian empiris lebih kuat untuk membaca arah pengaruh terhadap motivasi dan hasil belajar, sedangkan *systematic review*, *meta-analysis*, dan *conceptual article* lebih kuat untuk memetakan desain, mekanisme, dan kesenjangan. Karena itu, pembahasan berikut menggunakan istilah kecenderungan dan potensi, bukan klaim efektivitas umum.

3. Kontribusi VR Terhadap Motivasi Belajar Siswa

RQ2 menunjukkan bahwa konstruk motivasi muncul cukup dominan, tetapi dengan definisi yang beragam. Dari 25 penelitian, 16 penelitian membahas motivasi atau konstruk yang berdekatan seperti *engagement*, *interest*, *enjoyment*, *presence*, *satisfaction*, *confidence*, dan *self-efficacy*. Karena konstruk tersebut tidak identik, sintesis ini memisahkan temuan ke dalam enam kelompok. Pertama, motivasi intrinsik tampak pada rasa ingin tahu, kesenangan mengeksplorasi, dan keinginan mencoba ulang. Kedua, motivasi ekstrinsik muncul ketika VR dikemas dengan tantangan, target, skor, atau penghargaan. Ketiga, minat situasional muncul karena *novelty effect* dan tampilan imersif. Keempat, *engagement* terlihat pada keterlibatan perilaku dan perhatian selama aktivitas. Kelima, *satisfaction* muncul ketika

siswa merasa pengalaman VR membantu memahami materi. Keenam, *self-efficacy* muncul ketika siswa merasa mampu menyelesaikan tugas setelah mencoba simulasi. Temuan terkait motivasi perlu dibaca hati-hati. Allcoat & von Mühlenen (2018) menunjukkan bahwa VR dapat meningkatkan emosi positif dan *engagement*, tetapi penelitian tersebut tidak serta-merta membuktikan peningkatan motivasi belajar jangka panjang. Makransky & Lilleholt (2018); serta Makransky & Petersen (2021) menjelaskan bahwa *presence* dapat berhubungan dengan *interest* dan *self-efficacy*, tetapi hubungan tersebut dipengaruhi desain tugas, beban kognitif, dan tujuan belajar. Jensen & Konradsen (2018) serta Fransson et al., (2020) juga mengingatkan bahwa perangkat *HMD* dapat menghadirkan hambatan teknis dan *cybersickness*, sehingga motivasi awal dapat melemah apabila guru tidak menyiapkan prosedur dan aktivitas yang jelas.

Dalam pembelajaran Informatika SMP, kecenderungan tersebut menunjukkan bahwa VR berpotensi mendukung motivasi ketika materi abstrak diubah menjadi pengalaman bermisi. Jaringan komputer dapat divisualisasikan sebagai perjalanan paket data, sistem komputer sebagai eksplorasi komponen, algoritma sebagai urutan keputusan, dan keamanan digital sebagai simulasi konsekuensi. Namun, keberhasilan motivasional tidak cukup diukur dari siswa merasa senang. Guru perlu mengarahkan perhatian siswa pada tugas, memberi umpan balik, dan menutup pengalaman VR dengan pertanyaan reflektif agar ketertarikan awal berubah menjadi keterlibatan belajar yang bermakna.

Tabel 3. Pengodean Temuan Terkait Motivasi

Kelompok konstruk	Penelitian Pendukung	Dasar Pengodean	Catatan Kekuatan Bukti
Motivasi intrinsik dan <i>interest</i>	Makransky & Lilleholt (2018); Makransky & Petersen (2021); Wee et al. (2025)	Menunjukkan hubungan <i>presence</i> , <i>interest</i> , <i>autonomy</i> , mastery, atau <i>self-efficacy</i>	Potensial, tetapi tidak semua berupa eksperimen SMP
<i>Engagement</i> dan emosi positif	Allcoat & von Mühlenen (2018); Pellas et al., (2019); Di Natale et al., (2020)	Melaporkan <i>engagement</i> , emosi positif, atau pengalaman imersif	Kuat untuk <i>engagement</i> , terbatas untuk motivasi jangka panjang
<i>Attention</i> , <i>satisfaction</i> , dan pengalaman belajar	Merchant et al., (2014); Huang et al., (2019); Yu & Xu (2022)	Mencatat hasil belajar atau pengalaman pengguna yang mendukung keterlibatan	Sebagian besar tidak spesifik Informatika SMP
<i>Self-efficacy</i> dan penerimaan teknologi	Alfalah (2018); Sukirman et al., (2023); Handoko et al., (2024); Wee et al., (2025)	Menggunakan persepsi, TAM, preferensi siswa, atau peningkatan kemampuan komputasional	Relevan untuk desain VR komputasi, tetapi jenjang tidak selalu SMP

<i>Novelty effect</i> dan risiko penurunan fokus	Parong & Mayer (2018); Makransky et al., (2019); Fransson et al., (2020)	VR dapat menarik perhatian tetapi perlu strategi generatif dan pengelolaan kelas	Menjadi penting interpretasi	batasan dalam
--	--	--	------------------------------	---------------

Sumber: Diolah Penulis, 2026

4. Kontribusi VR Terhadap Berpikir Kritis

RQ3 menunjukkan bahwa bukti tentang berpikir kritis lebih terbatas dibandingkan motivasi. Dari 25 penelitian, hanya 5 penelitian yang secara langsung membahas atau mengukur *critical thinking* melalui instrumen, rubrik, atau indikator evaluasi yang jelas. Sebanyak 8 penelitian lain membahas konstruk yang berdekatan, seperti *problem solving*, *inquiry*, *metacognition*, *computational thinking*, atau *learning outcomes*. Karena itu, simpulan pada bagian ini menggunakan istilah berpotensi memfasilitasi berpikir kritis, bukan meningkatkan berpikir kritis secara umum.

Berpikir kritis dalam VR muncul ketika siswa tidak hanya mengamati lingkungan virtual, tetapi diminta menganalisis kondisi, membandingkan alternatif, memilih solusi, mengevaluasi konsekuensi, dan menjelaskan alasan. Parong & Mayer (2018) menunjukkan bahwa strategi generatif setelah pengalaman VR penting agar siswa memproses informasi secara mendalam. Makransky et al., (2019) memperlihatkan bahwa *presence* yang tinggi tidak selalu diikuti *learning outcomes* lebih baik apabila beban kognitif meningkat. Temuan tersebut memperkuat argumen bahwa VR perlu dipadukan dengan *scaffolding*, *reflection prompts*, diskusi, dan asesmen kinerja.

Dalam konteks Informatika SMP, berpikir kritis dapat dirancang melalui skenario seperti menemukan kesalahan alur algoritma, menentukan rute data yang paling efisien dalam jaringan, memilih tindakan aman ketika terjadi ancaman digital, atau mengevaluasi penggunaan komponen sistem komputer. *Computational thinking* tetap dibedakan dari berpikir kritis. Dekomposisi, abstraksi, pengenalan pola, dan algoritma dapat menjadi jembatan menuju berpikir kritis apabila siswa diminta memberikan alasan, membuktikan keputusan, dan merevisi strategi berdasarkan bukti. Tanpa aktivitas reflektif tersebut, VR cenderung hanya menjadi visualisasi prosedur atau simulasi menarik.

Tabel 4. Pembedaan Bukti Berpikir Kritis dan Konstruk Terkait

Kategori Bukti	Jumlah Penelitian	Contoh Penelitian	Interpretasi
<i>Critical thinking</i> langsung	5	Huang et al., (2019); Parong & Mayer (2018); Hamilton et al., (2021); Di Natale et al., (2020); Makransky & Petersen (2021)	Bukti mendukung potensi, tetapi konteks, instrumen, dan jenjang berbeda
<i>Problem solving/inquiry/metacognition</i>	8	Pellas et al., (2019); Kavanagh et al., (2017); Fransson et al., (2020); Radianti et al., (2020)	Relevan sebagai prasyarat berpikir kritis, tetapi bukan ukuran langsung
<i>Computational thinking/komputasi</i>	4	Sukirman et al., (2023); Handoko et al., (2024); Wee et al., (2025); Grover & Pea (2013)	Sangat relevan untuk Informatika, tetapi sebagian bukan VR atau bukan SMP

<i>Learning outcomes</i> umum	12	Merchant et al., (2014); Wu et al., (2020); Villena-Taranilla et al., (2022); Yu & Xu (2022)	Tidak boleh otomatis disamakan dengan berpikir kritis
-------------------------------	----	--	---

Sumber: Diolah Penulis, 2026

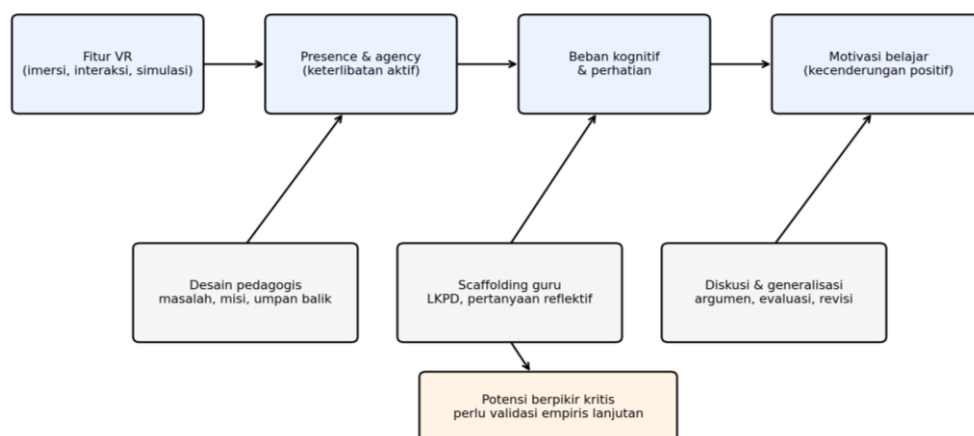
5. Desain Pembelajaran VR yang Relevan Untuk Informatika SMP

RQ4 sebagian dijawab melalui pemetaan desain penelitian yang dianalisis menunjukkan bahwa VR lebih bermakna ketika berperan sebagai lingkungan belajar berbasis tugas, bukan sekadar tontonan. Fitur imersi, interaksi, dan navigasi memberi peluang siswa merasakan *presence* dan *agency*, tetapi pengalaman tersebut perlu diarahkan oleh tujuan belajar, instruksi, pertanyaan, dan umpan balik. Dengan demikian, desain VR untuk Informatika SMP sebaiknya dimulai dari capaian pembelajaran dan kesulitan konseptual, bukan dari perangkat yang tersedia.

Lima tahap desain yang dirumuskan dalam kajian ini merupakan sintesis konseptual dari pola yang berulang pada penelitian, bukan model yang telah diuji secara empiris. Tahap pertama adalah orientasi masalah, yaitu guru menyampaikan konteks misi dan indikator keberhasilan. Tahap kedua adalah eksplorasi VR, yaitu siswa melakukan pengamatan dan interaksi dalam lingkungan virtual. Tahap ketiga adalah pengambilan keputusan, yaitu siswa memilih tindakan berdasarkan informasi dalam simulasi. Tahap keempat adalah refleksi dan diskusi, yaitu siswa menjelaskan alasan, kesalahan, dan alternatif solusi.

Tahap kelima adalah generalisasi konsep, yaitu guru menghubungkan pengalaman virtual dengan konsep Informatika. Model ini perlu divalidasi oleh ahli dan diuji dalam pembelajaran kelas sebelum digunakan sebagai model empiris. Pada materi jaringan komputer, tahap tersebut dapat digunakan untuk misi mengirim data dari satu perangkat ke perangkat lain. Pada materi algoritma, siswa dapat menjalankan instruksi bertahap dan memperbaiki bug. Pada materi keamanan digital, siswa dapat mengevaluasi keputusan ketika menghadapi simulasi *phishing*, kata sandi lemah, atau izin akses data. Pada materi sistem komputer, siswa dapat mengeksplorasi hubungan antara perangkat keras, perangkat lunak, dan data. Contoh ini merupakan implikasi penulis berdasarkan sintesis, bukan bukti bahwa seluruh topik tersebut sudah teruji dalam korpus penelitian.

Model Sintesis Konseptual Integrasi VR dalam Pembelajaran Informatika SMP



Gambar 3. Model Sintesis Konseptual Integrasi VR dalam Pembelajaran Informatika SMP (Sumber: Diolah Penulis, 2026)

Tabel 5. Dasar Sintesis Lima Tahap Desain VR

Tahap Sintesis	Dasar Penelitian/Tema	Hubungan Teori	Status Bukti
Orientasi masalah	Fowler (2015); Fransson et al., (2020); Pellas et al., (2019)	Mengarahkan attention dan tujuan belajar agar VR tidak menjadi aktivitas bebas	Sintesis konseptual
Eksplorasi VR	Jensen & Konradsen (2018); Slater & Sanchez-Vives (2016); Makransky & Petersen (2021)	Membangun <i>presence</i> , <i>agency</i> , dan pengalaman konkret	Didukung teori dan review
Pengambilan keputusan	Sukirman et al., (2023); Handoko et al., (2024); Wee et al., (2025)	Menghubungkan tugas komputasi dengan <i>problem solving</i> dan <i>computational thinking</i>	Bukti langsung komputasi masih terbatas
Refleksi dan diskusi	Parong & Mayer (2018); Makransky et al., (2019); Radianti et al., (2020)	Mengelola <i>cognitive load</i> dan mendorong pemrosesan generatif	Perlu diuji pada Informatika SMP
Generalisasi konsep	Mayer (2021); Makransky & Petersen (2021); Grover & Pea (2013)	Mengaitkan pengalaman visual dengan konsep abstrak dan transfer belajar	Implikasi teoretis

Sumber: Diolah Penulis, 2026

6. Faktor Pendukung dan Penghambat Implementasi

Faktor implementasi tidak hanya bersifat teknis. Terdapat 11 penelitian yang menyinggung implementasi, terutama perangkat, kesiapan guru, organisasi sekolah, kesesuaian kurikulum, dan keamanan penggunaan. Faktor yang ditemukan secara empiris terutama berasal dari Fransson et al., (2020); Alfalah (2018); Sukirman et al., (2023); Handoko et al., (2024); dan Wee et al., (2025) sedangkan sebagian rekomendasi lain dirumuskan melalui sintesis penelitian tinjauan dan model teoretis. Karena itu, tabel berikut membedakan sumber empiris dan implikasi penulis.

Tabel 6. Faktor Implementasi VR dan Frekuensi Kemunculan Tema

Aspek	Frekuensi Tema	Sumber Penelitian	Faktor Pendukung	Faktor Penghambat	Implikasi Praktis
Teknis	9/25	Jensen & Konradsen (2018); Fransson et al., (2020); Radianti et al., (2020); Sukirman et al., (2023)	Perangkat stabil, durasi singkat, konten sesuai	Perangkat terbatas, <i>cybersickness</i> , baterai, ruang tidak aman	Gunakan SOP, rotasi stasiun, dan uji coba teknis

Pedagogis	15/25	Fowler (2015); Parong & Mayer (2018); Makransky et al., (2019); Makransky & Petersen (2021)	Tugas bermakna, <i>scaffolding</i> , refleksi, umpan balik	VR menjadi tontonan tanpa target kognitif	Siapkan LKPD, pertanyaan, dan rubrik kinerja
Kurikulum	8/25	Fransson et al., (2020); Hamilton et al., (2021); Handoko et al., (2024)	Tujuan dan asesmen jelas	Konten VR tidak selaras dengan materi	Petakan CP, materi, aktivitas VR, dan indikator asesmen
Siswa	10/25	Allcoat & von Mühlén (2018); Makransky & Lilleholt (2018); Wee et al., (2025)	Minat, <i>agency, self-efficacy</i> , literasi digital	<i>Novelty effect</i> , fokus pada hiburan, kemampuan digital berbeda	Berikan orientasi dan pembagian peran
Sekolah/guru	8/25	Alfalah (2018); Fransson et al., (2020); Elmqaddem (2019)	Dukungan sekolah dan pelatihan guru	Waktu terbatas, kompetensi guru, perawatan perangkat	Buat kebijakan penggunaan, pelatihan, dan jadwal peminjaman

Sumber: Diolah Penulis, 2026

7. Matriks Jawaban Terhadap Pertanyaan Penelitian

Agar tidak terjadi pengulangan antarsubbab, sintesis tematik dipadatkan dalam matriks jawaban RQ. Matriks ini menampilkan pola temuan, variasi hasil, kekuatan bukti, dan implikasi khusus bagi Informatika SMP.

Tabel 7. Matriks Sintesis Jawaban RQ

RQ	Pola Temuan	Variasi/Keterbatasan	Implikasi Untuk Informatika SMP
RQ1 Tren dan karakteristik	Penelitian meningkat setelah 2018; dominan SLR/ <i>meta-analysis</i> dan studi empiris VR pendidikan umum	Hanya 3 penelitian langsung terkait komputasi/CT; tidak ada korpus yang lengkap pada Informatika SMP Indonesia	Kajian perlu digunakan sebagai dasar awal, bukan bukti final
RQ2 Motivasi	16 penelitian menunjukkan kecenderungan positif pada motivasi, <i>engagement</i> , <i>interest</i> , <i>presence</i> , atau <i>self-efficacy</i>	Konstruk motivasi sering bercampur dengan <i>engagement</i> dan <i>novelty effect</i>	VR perlu didesain sebagai misi bermakna, bukan sekadar pengalaman baru
RQ3 Berpikir kritis	5 penelitian membahas <i>critical thinking</i> langsung; 8 penelitian lain melalui konstruk terkait	Bukti langsung terbatas; banyak penelitian mengukur <i>learning outcomes</i> atau CT	Gunakan masalah, refleksi, diskusi, dan asesmen argumen

RQ4 Implementasi	Faktor teknis, pedagogis, siswa, kurikulum, dan sekolah saling terkait	Hambatan teknis sering diperkuat oleh kesiapan guru dan manajemen kelas	Gunakan <i>station rotation</i> , SOP, LKPD, dan pelatihan guru
RQ5 Kesenjangan	Korpus spesifik Informatika SMP masih sedikit; studi longitudinal dan asesmen kritis terbatas	Model sintesis belum diuji secara empiris	Perlu R&D dan <i>quasi-experiment</i> pada topik jaringan, algoritma, keamanan digital, atau sistem komputer

Sumber: Diolah Penulis, 2026

8. Kesenjangan Penelitian dan Arah Pengembangan

Kesenjangan penelitian diturunkan dari pemetaan karakteristik dan penilaian kualitas penelitian. Pertama, penelitian yang langsung membahas Informatika atau komputasi hanya 3 dari 25 penelitian, dan belum ada yang secara utuh menguji VR pada pembelajaran Informatika SMP dengan variabel motivasi dan berpikir kritis sekaligus. Kedua, pengukuran motivasi lebih banyak muncul daripada pengukuran berpikir kritis langsung. Ketiga, banyak penelitian menilai hasil jangka pendek, sehingga keberlanjutan dampak VR terhadap motivasi dan kemampuan berpikir belum dapat disimpulkan. Keempat, desain VR sering belum menjelaskan hubungan antara tujuan pembelajaran, *scaffolding*, refleksi, dan asesmen. Kelima, konteks sekolah Indonesia masih membutuhkan strategi implementasi yang realistis untuk perangkat terbatas.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, arah pengembangan yang disarankan adalah penelitian R&D yang menghasilkan media VR Informatika SMP dengan desain pedagogis eksplisit, validasi ahli, uji kepraktisan, dan uji efektivitas terbatas. Topik yang potensial adalah jaringan komputer, sistem komputer, algoritma, keamanan digital, dan kecerdasan artifisial dasar. Rekomendasi kecerdasan artifisial dasar merupakan implikasi penulis dari perkembangan kebutuhan pembelajaran komputasi, bukan tema yang banyak ditemukan dalam korpus penelitian. Oleh karena itu, topik tersebut perlu diperkuat melalui kajian kurikulum dan studi pendahuluan sebelum dijadikan fokus penelitian pengembangan.

Tabel 8. Kesenjangan Penelitian dan Rekomendasi

Kesenjangan	Dasar Temuan	Dampak	Rekomendasi
Minim kajian Informatika SMP	Hanya 3/25 penelitian terkait komputasi/CT	Guru belum memiliki rujukan spesifik	Kembangkan VR untuk topik Informatika SMP
Berpikir kritis jarang diukur langsung	Hanya 5/25 penelitian <i>critical thinking</i> langsung	Klaim peningkatan berpikir kritis masih terbatas	Gunakan rubrik dan tes berpikir kritis eksplisit
Studi longitudinal terbatas	Mayoritas studi menilai dampak jangka pendek	Sulit mengetahui keberlanjutan motivasi	Tambahkan <i>follow-up test</i> dan observasi berulang
<i>Scaffolding</i> belum konsisten	15/25 membahas desain tetapi tidak selalu rinci	VR berisiko menjadi tontonan	Integrasikan LKPD, <i>reflection prompts</i> , dan diskusi

Keterbatasan perangkat sekolah	9/25 menyinggung kendala teknis	Implementasi tidak merata	Gunakan <i>low-budget VR dan station rotation</i>
--------------------------------	---------------------------------	---------------------------	---

Sumber: Diolah Penulis, 2026

Kesimpulan

Kajian SLR ini menyimpulkan bahwa penelitian VR pendidikan pada periode 2014-2025 menunjukkan kecenderungan positif terhadap motivasi belajar, terutama melalui *presence*, *interactivity*, *challenge*, *feedback*, dan visualisasi kontekstual, tetapi kekuatan bukti tersebut harus dibaca hati-hati karena penelitian yang dianalisis heterogen dari segi jenjang, mata pelajaran, perangkat, durasi, desain penelitian, dan instrumen. Bukti mengenai berpikir kritis lebih terbatas daripada motivasi; hanya sebagian penelitian yang mengukur *critical thinking* secara langsung, sedangkan sebagian lainnya membahas *problem solving*, *inquiry*, *metacognition*, *computational thinking*, atau *learning outcomes* yang tidak dapat diperlakukan sebagai indikator yang sama. Untuk pembelajaran Informatika SMP, VR berpotensi digunakan pada materi abstrak dan prosedural seperti algoritma, jaringan komputer, sistem komputer, keamanan digital, dan komputasi apabila dipadukan dengan desain masalah, *scaffolding*, refleksi, diskusi, dan asesmen yang jelas. Hanya sebagian kecil penelitian dalam korpus yang secara langsung berkaitan dengan Informatika atau *computational thinking*, sehingga kajian ini lebih tepat diposisikan sebagai dasar konseptual dan peta riset awal. Penelitian berikutnya perlu menguji media VR Informatika SMP secara empiris melalui validasi ahli, uji kepraktisan, uji efektivitas, serta pengukuran motivasi dan berpikir kritis yang terpisah dan terstandar.

Daftar Pustaka

- Alfalah, S. F. M. (2018). Perceptions Toward Adopting Virtual Reality As A Teaching Aid In Information Technology. *Education and Information Technologies*, 23(6), 2633-2653.
- Allcoat, D., & von Mühlenen, A. (2018). Learning In Virtual Reality: Effects On Performance, Emotion And Engagement. *Research in Learning Technology*, 26, 1-13.
- Concannon, B. J., Esmail, S., & Roberts, M. R. (2019). Head-Mounted Display Virtual Reality In Post-Secondary Education And Skill Training. *Frontiers in Education*, 4, 1-23.
- Di Natale, A. F., Repetto, C., Riva, G., & Villani, D. (2020). Immersive Virtual Reality in K-12 And Higher Education: A 10-Year Systematic Review Of Empirical Research. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2006-2033.
- Elmqaddem, N. (2019). Augmented Reality And Virtual Reality In Education: Myth Or Reality?. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(3), 234-242.
- Fowler, C. (2015). Virtual Reality And Learning: Where Is The Pedagogy?. *British Journal of Educational Technology*, 46(2), 412-422.
- Fransson, G., Holmberg, J., & Westelius, C. (2020). The Challenges Of Using Head Mounted Virtual Reality in K-12 Schools From A Teacher Perspective. *Education and Information Technologies*, 25(4), 3383-3404.
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking In K-12: A Review Of The State Of The Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38-43.

- Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive Virtual Reality As A Pedagogical Tool In Education: A Systematic Literature Review Of Quantitative Learning Outcomes And Experimental Design. *Journal of Computers in Education*, 8(1), 1-32.
- Handoko, D., Sutopo, Y., & Qudus, N. (2024). Implementation Of Virtual Reality Media With MilleaLab Platform In Computational Thinking Competence. *Journal of Vocational and Career Education*, 9(2), 185-192.
- Huang, K. T., Ball, C., Francis, J., Ratan, R., Boumis, J., & Fordham, J. (2019). Augmented Versus Virtual Reality In Education: An Exploratory Study Examining Science Knowledge Retention When Using Augmented Reality/Virtual Reality Mobile Applications. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 22(2), 105-110.
- Jensen, L., & Konradsen, F. (2018). A Review Of The Use Of Virtual Reality Head-Mounted Displays In Education And Training. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1515-1529.
- Kavanagh, S., Luxton-Reilly, A., Wuensche, B., & Plimmer, B. (2017). A Systematic Review Of Virtual Reality In Education. *Themes in Science and Technology Education*, 10(2), 85-119.
- Keller, J. M. (2010). *Motivational Design For Learning And Performance: The ARCS Model Approach*. Berlin: Springer.
- Makransky, G., & Lilleholt, L. (2018). A Structural Equation Modeling Investigation Of The Emotional Value Of Immersive Virtual Reality In Education. *Educational Technology Research and Development*, 66(5), 1141-1164.
- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): A Theoretical Research-Based Model Of Learning In Immersive Virtual Reality. *Educational Psychology Review*, 33(3), 937-958.
- Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding Immersive Virtual Reality To A Science Lab Simulation Causes More Presence But Less Learning. *Learning and Instruction*, 60, 225-236.
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness Of Virtual Reality-Based Instruction On Students' Learning Outcomes in K-12 And Higher Education: A Meta-Analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40.
- 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., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 Statement: An Updated Guideline For Reporting Systematic Reviews. *BMJ*, 372, n71.
- Parong, J., & Mayer, R. E. (2018). Learning Science In Immersive Virtual Reality. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 785-797.
- Pellas, N., Fotaris, P., Kazanidis, I., & Wells, D. (2019). Augmenting The Learning Experience In Primary And Secondary School Education: A Systematic Review Of Recent Trends In Augmented Reality Game-Based Learning. *Virtual Reality*, 23(4), 329-346.

- 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.
- Rojas-Sánchez, M. A., Palos-Sánchez, P. R., & Folgado-Fernández, J. A. (2023). Systematic Literature Review And Bibliometric Analysis On Virtual Reality And Education. *Education and Information Technologies*, 28(1), 155-192.
- Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing Our Lives With Immersive Virtual Reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3, 74.
- Sukirman, S., Pramudita, D. A., Nugroho, A. A., & Aminudin, M. R. (2023). Educational Game For Learning Computational Thinking In A Low Budget Virtual Reality Environment. *JANAPATI: Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika*, 12(1), 8-15.
- Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects On Learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285.
- Villena-Taranilla, R., Cózar-Gutiérrez, R., González-Calero, J. A., & López Cirugeda, I. (2022). Effects Of Virtual Reality On Learning Outcomes in K-6 Education: A Meta-Analysis. *Educational Research Review*, 35, 100434.
- Wee, C., Wang, L. Y. K., & Ong, H. F. (2025). TeachVR: An Immersive Virtual Reality Framework For Computational Thinking Based On Student Preferences. *ACM Transactions on Computing Education*, 25(1), 1-28.
- Wu, B., Yu, X., & Gu, X. (2020). Effectiveness Of Immersive Virtual Reality Using Head-Mounted Displays On Learning Performance: A Meta-Analysis. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 1991-2005.
- Yu, Z., & Xu, W. (2022). A Meta-Analysis And Systematic Review Of The Effect Of Virtual Reality Technology On Users' Learning Outcomes. *Computer Applications in Engineering Education*, 30(5), 1470-1484.