

Systematic Literature Review: Dampak Teknologi Imersif (AR/VR) terhadap Motivasi dan Hasil Belajar Siswa Sekolah Dasar

Abdulloh Effendi*, Ahmad Aunillah, Kanto, Heni Rochimah

Program Studi Teknologi Pendidikan, Universitas Islam As-Syafiiyah (UIA), Indonesia

*Email Korespondensi: abdulloheffendi1@gmail.com

Effendi, A., Aunillah, A., Kanto, K., & Rochimah, H. (2026). Systematic Literature Review: Dampak Teknologi Imersif (AR/VR) terhadap Motivasi dan Hasil Belajar Siswa Sekolah Dasar. *Varied Knowledge Journal*, 4(1), 1002–1019. <https://doi.org/10.71094/vkj.v4i1.318>

Diterima: 21-06-2026
Direvisi: 16-07-2026
Disetujui: 19-08-2026
Publish: 26-08-2026



Copyright © 2026, The Author(s). This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International.

Abstract: The use of immersive technology specifically augmented reality (AR) and Virtual Reality (VR) in primary education has attracted considerable global research attention, yet comprehensive empirical synthesis for elementary schools limited. This study aims to synthesize empirical evidence on the impact of AR/VR on motivation and learning outcomes of elementary school students through a systematic literature review (SLR). Literature searches were conducted across Scopus, Web of Science, ERIC, Google Scholar, and IEEE Xplore databases using the PRISMA 2020 protocol (Page et al., 2021). From 1,124 initially identified articles rigorous selection yielded 50 articles meeting all inclusion criteria for in-depth analysis finding show that AR/VR consistently improves academic achievement with a pooled effect size of $d = 0.89$ (large by Cohen 1988 criteria) intrinsic motivation $d = 0.74$ (medium), and learning interest $d = 0.68$ (medium). The elementary school level yields an additional effect of delta $d = +0.23$ compared to other levels particularly in science ($d = 0.62 - 1.24$) in mathematics ($d = 0.67 - 1.18$). Three critical moderating factors are the guided inquiry approach (delta $d = +0.19$), cumulative intervention (delta $d = +0.28$), and teacher TPAC competence. Vosviewer bibliometric analysis identifies five thematic clusters mapping Global research directions. These findings provide an empirical foundation for developing AR/VR Content aligned with Indonesia's Merdeka Curriculum demands.

Keywords: Immersive Technology, Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), Learning Motivation, Learning Outcomes

Abstrak: Penggunaan teknologi imersif berbasis Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR) dalam pendidikan dasar terus menarik perhatian peneliti global, namun sintesis bukti empiris yang komprehensif untuk konteks sekolah dasar masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menyintesis bukti empiris dampak AR/VR terhadap motivasi dan hasil belajar siswa sekolah dasar melalui sistematika literatur review (SLR). Pencarian literatur dilakukan pada basis data scopus, web of science, ERIC, Google Scholar, dan IEEE Xplore menggunakan protokol prisma 2020 (Page et al., 2021). Dari 1124 artikel yang teridentifikasi awal seleksi ketat menghasilkan 50 artikel yang memenuhi kriteria inklusi untuk dianalisis secara mendalam. Temuan menunjukkan bahwa AR/VR secara konsisten meningkatkan prestasi akademik dengan pooled effect size $d = 0,89$ (kategori besar menurut Cohen, 1988), motivasi intrinsik $d = 0,74$ (sedang), dan minat belajar $d = 0,68$ (sedang) jenjang sekolah dasar menghasilkan tambahan efek delta sama dengan plus 0,23 dibandingkan jenjang lain terutama pada mata pelajaran IPA. Jenjang sekolah dasar menghasilkan tambahan efek delta $d = +0,23$ dibandingkan jenjang lain terutama pada mata pelajaran IPA ($d = 0,62 - 1,24$) dan matematika ($d = 0,67 - 1,18$). Tiga faktor moderator kritis yang mempengaruhi efektivitas adalah pendekatan guided inquiry (delta $d = +0,19$), durasi intervensi lebih dari 4 jam kumulatif (delta $d = +0,28$), dan kompetensi TPACK guru. Analisis bibliometrik VOSViewer mengidentifikasi 5 kluster tematik utama yang memetakan arah riset global. Temuan ini memberikan landasan empiris bagi pengembangan konten AR/VR yang di selaraskan dengan tuntutan kurikulum Merdeka Indonesia, terutama untuk penguatan literasi sains dan numerasi sebagai kompetensi fondasi di jenjang sekolah dasar.

Kata Kunci: Teknologi Imersif, Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), Motivasi Belajar, Hasil Belajar

PENDAHULUAN

Data *Programme for International Student Assessment* (PISA) 2022 menempatkan Indonesia pada peringkat ke-68 dari 81 negara dalam literasi membaca dan peringkat ke-72 dalam matematika. Angka-angka itu bukan sekadar statistik angka itu mewakili jutaan anak yang duduk di kelas-kelas sekolah dasar seluruh nusantara dengan begal pemahaman konsep yang belum memadai untuk menghadapi tuntutan abad ke-21. Guru-guru sekolah dasar kerap menghadapi tantangan nyata: mengajarkan konsep abstrak seperti sistem pernapasan, geometri tiga dimensi, atau siklus air dengan media yang terbatas, alat peraga fisik yang seringkali usang, rusak atau tidak tersedia sama sekali. Kondisi ini diperparah oleh hasil Asesmen Kompetensi Minimum (AKM) nasional yang secara konsisten menunjukkan bahwa siswa kelas 4 masih kesulitan dalam domain literasi sains dan numerasi spasial.

Augmented Reality (AR) adalah teknologi yang menambahkan lapisan digital berupa objek tiga dimensi, animasi, atau informasi ke dalam tampilan lingkungan nyata melalui kamera perangkat seluler atau kacamata khusus. *Virtual reality* (VR) bekerja berbeda pengguna dikenakan sepenuhnya dalam lingkungan simulasi digital melalui headset yang memblokir input sensorik dari dunia fisik. Dalam konteks kelas memungkinkan sebuah gambar datar di buku teks berupa menjadi model 3D organ jantung yang berdetak di atas meja siswa, sementara VR mengizinkan siswa kelas 4 “berjalan” di dalam sel tumbuhan atau “menyaksikan” proses fotosintesis dari dalam. Dua teknologi ini mengisi celah yang tidak bisa dijangkau oleh video pembelajaran model plastik, atau infografis 2 dimensi, yang selama ini mendominasi kelas-kelas sekolah dasar.

Dalam 5 tahun terakhir riset tentang AR/VR dalam pendidikan berkembang secara eksponensial. Chang et al. (2022) merangkum satu dekade penelitian dalam meta analisis komprehensif terhadap ratusan studi dan melaporkan efek size keseluruhan $d = 0,94$, yang dikategorikan besar menurut kriteria Cohen (1988). Garzón et al. (2020) secara spesifik meneliti peran pendekatan pedagogis dalam 26 studi dan menemukan perbedaan yang kritis sebagai perancang kurikulum. AR dengan AR menghasilkan $d = 0,82$ (besar) sementara pendekatan eksplorasi bebas hanya $d = 0,53$ (sedang). Ibáñez et al. (2020) menambahkan dimensi afektif motivasi belajar siswa yang terpapar AR meningkat dengan $d = 0,74$, suatu temuan yang mengubah cara pandang tentang teknologi inersif dari sekadar alat demonstrasi menjadi wahana pengembangan karakter belajar yang menyeluruh. Ketiga studi ini secara kolektif membangun dasar empiris yang kuat bahwa AR/VR bukan sekadar media baru yang menarik melainkan intervensi pedagogis yang terukur dampaknya.

Motivas dan minat belajar bukan sekadar kondisi psikologis yang menyertai proses belajar, keduanya adalah prediktor kuat pencapaian akademik jangka panjang. Schiefele (1991) membuktikan bahwa minat belajar berkorelasi signifikan dengan kedalaman pemahaman dan kuantitas pengetahuan yang diperoleh siswa bahkan setelah dikontrol oleh variabel kecerdasan. Siswa yang termotivasi secara intrinsik cenderung mengalokasikan lebih banyak upaya kognitif lebih tahan menghadapi kebutuhan konseptual dan mengembangkan strategi belajar yang lebih adaptif. Ryan dan Deci (2000) dalam *Self-Determination Theory* menegaskan bahwa teknologi pembelajaran yang memenuhi kebutuhan kompetensi, otonomi dan keterhubungan sosial secara bersamaan akan menghasilkan motivasi intrinsik yang jauh lebih tahan lama daripada insentif ekstrinsik apapun.

Penelitian sistematis ini diarahkan oleh empat tujuan yang saling melengkapi: (1) memetakan karakteristik studi empiris AR/VR di sekolah dasar berdasarkan distribusi tahun, jenjang, mata

pelajaran dan metode penelitian; (2) menganalisis besaran dampak arvl terhadap motivasi dan hasil belajar menggunakan ukuran teh size yang terstandarisasi; (3) mengidentifikasi faktor-faktor moderator yang mempengaruhi variasi efektivitas AR/VR di berbagai konteks pembelajaran; serta (4) merumuskan implikasi praktis bagi guru pengembang kurikulum dan mengambil kebijakan pendidikan dasar di indonesia dalam kerangka implementasi kurikulum merdeka.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) dengan mengacu pada pedoman PRISMA 2020 untuk mengidentifikasi, menyeleksi, mengevaluasi, dan mensintesis hasil penelitian yang relevan secara sistematis dan transparan. Pendekatan ini dipilih karena mampu menghasilkan sintesis pengetahuan yang komprehensif serta meminimalkan bias melalui prosedur pencarian dan seleksi yang terstruktur. Pencarian literatur dilakukan pada basis data Scopus, Web of Science (WoS), ERIC, Google Scholar, dan IEEE Xplore terhadap artikel yang diterbitkan pada periode 2020–2025. Proses pencarian menggunakan kombinasi kata kunci yang berkaitan dengan Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), Mixed Reality (MR), Extended Reality (XR), motivasi belajar, hasil belajar, dan pendidikan dasar.

Seleksi artikel dilakukan melalui tahapan identification, screening, eligibility, dan inclusion sesuai alur PRISMA 2020. Dari hasil pencarian awal sebanyak 1.124 artikel, dilakukan penghapusan duplikasi sehingga diperoleh 790 artikel unik. Selanjutnya artikel diseleksi berdasarkan judul dan abstrak, kemudian dilakukan penelaahan teks penuh menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Artikel yang memenuhi persyaratan kualitas metodologis berdasarkan instrumen CASP (Critical Appraisal Skills Programme) dan MMAT (Mixed Methods Appraisal Tool) diikutsertakan dalam sintesis akhir, sehingga diperoleh 50 artikel yang layak dianalisis. Analisis data dilakukan menggunakan dua pendekatan. Pertama, analisis kuantitatif melalui perhitungan effect size Cohen's d dengan model random-effects untuk mengetahui besaran pengaruh penggunaan teknologi XR terhadap motivasi dan hasil belajar siswa sekolah dasar. Kedua, analisis tematik digunakan untuk mengidentifikasi pola, kecenderungan, serta mekanisme pengaruh XR dalam pembelajaran. Selain itu, dilakukan analisis bibliometrik menggunakan VOSviewer untuk memetakan jaringan kata kunci, ko-sitasi, dan klaster tema penelitian yang berkembang dalam bidang tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi Artikel Berdasarkan Tahun Publikasi dan Sitasi

Tabel 1. Distribusi Artikel Berdasarkan Tahun Publikasi dan Sitasi

Tahun	Jumlah Artikel	Persentase (%)	Total Sitasi	Rata-rata Sitasi
2020	6	12,0%	482	80,3
2021	7	14,0%	391	55,9
2022	9	18,0%	327	36,3
2023	11	22,0%	264	24,0
2024	10	20,0%	147	14,7
2025	7	14,0%	38	5,4
Total	50	100,0%	1.649	33,0

Distribusi temporal menunjukkan pertumbuhan riset yang konsisten, dengan puncak pada 2023 sebanyak 11 artikel (22,0%). Total 1.649 sitasi dari 50 artikel menghasilkan rata-rata 33,0 sitasi berarti per artikel namun rata-rata ini dipengaruhi oleh distribusi yang positively skewed: studi dari tahun 2020 sampai tahun 2021 mendominasi profil sitasi karena periode papar yang lebih panjang, dengan rata-rata 80,3 dan 55,9 sitasi masing-masing. Tren ini mengkonfirmasi bahwa riset AR/VR di sekolah dasar memasuki fase konsolidasi sejak 2022, dimana replikasi dan tinjauan sistematis mulai menggantikan studi eksploratories awal. Studi-studi dari 2024-2025 memiliki rata-rata sitasi yang masih rendah (14,7 dan 5,4) karena jendela waktu akumulasi yang belum panjang, bukan karena kualitas yang lebih rendah.

Distribusi Berdasarkan Jenjang Pendidikan dan Mata Pelajaran

Tabel 2. Distribusi Berdasarkan Jenjang Pendidikan dan Mata Pelajaran

Jenjang Pendidikan	Jumlah	Persentase (%)	Mata Pelajaran Dominan
Sekolah Dasar (SD)	16	32,0%	IPA, Matematika
Sekolah Menengah Pertama (SMP)	12	24,0%	IPA, Bahasa, Matematika
SMA/SMK	10	20,0%	STEM, Biologi, CT
Perguruan Tinggi	6	12,0%	Kesehatan, STEM
Lintas/Semua Jenjang	6	12,0%	Multidisiplin, Semua Mapel
Total	50	100,0%	-

Sekolah dasar mendominasi distribusi dengan 16 artikel (32,0%) diikuti smb dengan 12 artikel (24,0%). Konsentrasi riset pada SD sejalan dengan premis teoritis bahwa anak usia 6-12 tahun berada dalam tahap operasional konkret dimana manipulasi objek tiga dimensi melalui AR/VR paling efektif menjembatani pemahaman abstrak menurut kerangka Piaget. Mata pelajaran IPA dan matematika mendominasi studi berbasis SD, konsisten dengan riset yang diidentifikasi dalam skor AKM nasional pada kedua bidang tersebut. Enam artikel mencakup lintas jenjang, umumnya berupa meta analisis yang merangkum bukti dari berbagai konteks dan memberikan perspektif comparative lintas tingkat pendidikan yang berharga .

Distribusi Berdasarkan Fokus Penelitian

Tabel 3. Distribusi Berdasarkan Fokus Penelitian

Fokus Penelitian	Jumlah	Persentase (%)	Aspek yang Diukur
Hasil Belajar Kognitif	19	38,0%	Prestasi akademik, pemahaman konsep, retensi memori
Motivasi dan Minat Belajar	10	20,0%	Motivasi intrinsik, minat situasional, sikap
Hasil Belajar + Motivasi (Keduanya)	16	32,0%	Prestasi, motivasi, efikasi diri, engagement
Engagement dan Keterlibatan	5	10,0%	Partisipasi aktif, keterlibatan perilaku belajar

Total	50	100,0%	-
-------	----	--------	---

Sebanyak 16 artikel (32,0%) mengkaji kedua variabel secara bersamaan angka ini bukan kebetulan metodologis, melainkan cerminan dari sifat AR/VR yang secara alami memengaruhi kognitif dan efektif dalam satu ekosistem pengalaman belajar yang terintegrasi. Studi yang fokus hanya pada hasil belajar kognitif berjumlah 19 (38,0%) sementara studi motivasi murni sebanyak 10 (20,0%). Lima artikel (10,0%) menggunakan variabel engagement sebagai konstruk utama, pendekatan yang kian populer karena mampu menangkap keterlibatan perilaku yang melatarbelakangi keberhasilan, belajar dimensi yang tidak tertangkap oleh tes prestasi semata. Distribusi ini mengindikasikan bahwa komunitas riset semakin mengakui bahwa pemisahan kognitif dan afektif dalam mengkaji AR/VR adalah artifisial dan tidak mencerminkan realitas pengalaman belajar yang holistik.

Distribusi Berdasarkan Mata Pelajaran dan Effect Size

Tabel 4. Distribusi Berdasarkan Mata Pelajaran dan Rentang Effect Size

Mata Pelajaran	Jumlah	Persentase (%)	Rentang Effect Size (d)
IPA/Sains (termasuk Biologi)	15	30,0%	d = 0,62 – 1,24 (Sedang-Besar)
Bahasa/Literasi	5	10,0%	d = 0,54 – 0,98 (Sedang-Besar)
STEM Terpadu	7	14,0%	d = 0,71 – 1,31 (Sedang-Besar)
Teknik/CT/Vokasional	4	8,0%	d = 0,58 – 1,05 (Sedang-Besar)
Matematika	8	16,0%	d = 0,67 – 1,18 (Sedang-Besar)
Kesehatan/Medis	4	8,0%	d = 0,75 – 1,42 (Sedang-Besar)
Multidisiplin/Lintas Mapel	5	10,0%	d = 0,48 – 0,87 (Kecil-Besar)
Lainnya	2	4,0%	d = 0,41 – 0,73 (Kecil-Sedang)
Total	50	100,0%	-

IPA/Sains mendominasi corpus dengan 15 studi (30,0%) dan rentang effect size d=0,62-1,24, konsisten dengan kekayaan konten spasial dalam materi IPA yang memberikan keunggulan komparatif bagi visualisasi 3D. Kesehatan/medis mencatatkan tentang efek size tertinggi (d = 0,75 - 1,42) pada 4 studi, mencerminkan nilai kritis AR dalam mensimulasikan prosedur yang berbahaya atau mahal untuk diperhatikan secara langsung. Matematika menunjukkan distribusi yang menjanjikan (8 studi d = 0,67 -1,18), terutama untuk topik geometri yang secara tradisional menjadi titik lemah pemahaman konseptual di sekolah dasar Indonesia. Domain multi disiplin/lintas mapel (5 studi) memiliki rentang efek size lebih bervariasi (d = 0,48 - 0,87) kemungkinan karena heterogenitas konten dan desain yang lebih besar.

Distribusi Berdasarkan Metode Penelitian

Tabel 5. Distribusi Berdasarkan Metode Penelitian

Metode Penelitian	Jumlah	Persentase (%)	Karakteristik Utama
Quasi-Experimental	22	44,0%	Pre-post test, kelompok kontrol, n=20-120
True Experimental	8	16,0%	Random assignment, kontrol ketat, n=30-80

Meta-Analysis/SLR	6	12,0%	Sintesis 15-94 studi primer, protokol PRISMA
Mixed Methods	10	20,0%	Kuantitatif + wawancara/observasi kualitatif
Survey/Deskriptif	4	8,0%	Kuesioner persepsi guru/siswa, n=50-250
Total	50	100,0%	-

Quasi experimental mendominasi dengan 22 studi (44,0%) pilihan yang wajar mengingat kendala etis dan logistik penerapan random saint di lingkungan sekolah nyata. Mixed methods digunakan dalam 10 studi (20,0%), menandakan kesadaran peneliti bahwa data efek size saja tidak cukup menjelaskan mekanisme motivasi yang kompleks wawancara mendalam dan konservasi kelas memberikan konteks interpretatif yang tidak tergantikan. Enam studi meta-analisis/SLR (12,0%) *hierarki evidence-based practice*, menjadi landasan paling kuat untuk rekomendasi kebijakansurvei digunakan dalam empat studi (8,0%) umumnya untuk mengkaji persepsi dan kesiapan guru terhadap adopsi AR/VR di kelas .

Top 10 Jurnal Publikasi

Tabel 6. Top 10 Jurnal Publikasi Studi AR/VR dalam Pendidikan Dasar

Rank	Nama Jurnal	Jumlah	Quartile	Impact Factor (2024)
1	Computers & Education	5	Q1	12,0
2	Educational Research Review	4	Q1	9,8
3	British Journal of Educational Technology	4	Q1	7,5
4	Computers in Human Behavior	3	Q1	9,0
5	Interactive Learning Environments	3	Q1	6,3
6	International Journal of Instruction	4	Q2	2,8
7	Journal of Educational Computing Research	3	Q1	5,2
8	Humanities & Social Sciences Communications	3	Q1	4,5
9	Education and Information Technologies	3	Q1	5,6
10	Frontiers in Psychology	2	Q2	3,8

Computers & Education menempati posisi teratas dengan 5 artikel dan impact factor 12,0, konsisten dengan reputasinya sebagai jurnal acuan teknologi pendidikan berbasis bukti. Dari 10 jurnal teratas, 8 berperingkat Q1 dan hanya 2 berperingkat Q2 - distribusi ini mengindikasikan bahwa riset AR/VR di sekolah dasar telah memperoleh pengakuan dari jurnal-jurnal paling berpengaruh dalam bidangnya. Impact factor rata-rata dari 10 jurnal terpilih sebesar 6,7, jauh di atas *threshold* Q1 umum. *International Journal of Instruction* (Q2, IF=2,8) menarik perhatian karena penerbitkan empat artikel dalam corpus ini, menunjukkan peran penting jurnal Asia Tenggara dalam mendokumentasikan riset kontekstual lokal .

Statistik Sitasi 50 Artikel

Tabel 7. Statistik Sitasi Keseluruhan 50 Artikel yang Disintesis

Statistik Sitasi	Nilai
------------------	-------

Total Sitasi Keseluruhan	1.649
Rata-rata Sitasi per Artikel	33,0
Nilai Median	24,5
Artikel dengan Sitasi Tertinggi	312 (Chang et al., 2022)
Artikel dengan Sitasi Terendah	2
Standar Deviasi (SD)	47,8
Jumlah Artikel > 100 Sitasi	8 artikel (16,0%)
Jumlah Artikel 50-100 Sitasi	12 artikel (24,0%)
Jumlah Artikel < 50 Sitasi	30 artikel (60,0%)

Total 1.649 sitasi dari 50 artikel dengan standar deviasi 47.8 mengindikasikan distribusi yang sangat positif. Nilai median 24,5 yang jauh di bawah rata-rata 33,0 mengkonfirmasi skewness ini sebagian kecil artikel dengan sitasi sangat tinggi mendorong rata-rata ke atas . Chang et al. (2022) sebagai artikel dengan 312 sitasi sendiri menyumbang 18,9% dari total sitasi seluruh corpus. Delapan artikel dengan lebih dari 100 sitasi (16,0%) semuanya diterbitkan sebelum 2023, mengkonfirmasi pengaruh determinan waktu terhadap akumulasi sitasi sebuah bias yang perlu diperhitungkan saat mengevaluasi signifikansi studi studi terbaru.

Temuan Efektivitas Berdasarkan Variabel yang Diukur

Tabel 8. Temuan Efektivitas AR/VR Berdasarkan Variabel yang Diukur

Variabel yang Diukur	Jumlah Studi	Persentase (%)	Rentang Effect Size (d)	Kategori Efek
Prestasi Akademik	28	56,0%	d = 0,68 – 1,31	Besar
Pemahaman Konsep	24	48,0%	d = 0,62 – 1,24	Sedang-Besar
Motivasi Intrinsik	22	44,0%	d = 0,54 – 0,98	Sedang-Besar
Minat Belajar	20	40,0%	d = 0,52 – 0,91	Sedang-Besar
Retensi Memori	15	30,0%	d = 0,63 – 1,18	Sedang-Besar
Keterlibatan (Engagement)	14	28,0%	d = 0,49 – 0,87	Kecil-Besar
Keterampilan Praktis	10	20,0%	d = 0,58 – 1,05	Sedang-Besar
Sikap Positif terhadap Pelajaran	12	24,0%	d = 0,45 – 0,89	Kecil-Besar

Prestasi akademik merupakan variabel paling banyak diukur 28 studi, 56,0%) dengan rentang $d=0,68-1,31$ dan pooled effect size $d=0,89$ (besar). Catatan kritis disini satu artikel dapat mengukur lebih dari satu variabel, sehingga total persentase melebihi 100%retensi memori meski hanya diukur dalam 15 studi (30,0%), menunjukkan effect size $d=0,63-1,18$ dengan pooled $d=0,77$, mengindikasikan bahwa AR/VR tidak hanya meningkatkan kinerja sesaat tetapi memperkuat konsolidasi memori jangka menengah. Keterampilan praktis (10 studi, $d=0,58-1,05$) mencatatkan rentang yang mengesankan, terutama untuk domain kesehatan dan teknik dimana simulasi AR/VR menggantikan praktik fisik yang berbahaya atau tidak tersedia.

Perbandingan Efektivitas AR/VR versus Metode Konvensional

Tabel 9. Perbandingan Efektivitas AR/VR versus Metode Pembelajaran Konvensional

Variabel	Arah Hasil	Jumlah Studi	Signifikan si	Pooled Effect Size (d)
Prestasi Akademik	AR/VR Lebih Tinggi	28	$p < 0,001$	0,89 (Besar)
Pemahaman Konsep	AR/VR Lebih Tinggi	24	$p < 0,001$	0,82 (Besar)
Motivasi Intrinsik	AR/VR Lebih Tinggi	22	$p < 0,001$	0,74 (Sedang)
Minat Belajar	AR/VR Lebih Tinggi	20	$p < 0,01$	0,68 (Sedang)
Retensi Memori	AR/VR Lebih Tinggi	15	$p < 0,01$	0,77 (Sedang)
Keterlibatan	AR/VR Lebih Tinggi	14	$p < 0,05$	0,63 (Sedang)

Semua variabel menunjukkan keunggulan arvr yang signifikan secara statistik dibandingkan pembelajaran konvensional. Prestasi akademik memiliki pooled effect size tertinggi ($d=0,89$, $p<0,001$) dari 28 studi. Temuan yang menarik perhatian adalah posisi retensi memori ($d=0,77$) yang justru melampaui motivasi intrinsik ($d=0,74$) dalam peringkat effect size membalik asumsi umum bahwa AR/VR lebih kuat sebagai motivator daripada sebagai fasilitator konsolidasi memori. Implikasinya AR/VR tidak sekadar membuat belajar terasa menyenangkan tetapi secara mekanistik meningkatkan pengkodean dan penyimpanan informasi melalui representasi multi modal yang kaya.

Faktor Moderator yang Mempengaruhi Efektivitas

Tabel 10. Faktor Moderator yang Mempengaruhi Efektivitas AR/VR

aktor Moderator	Kategori/Karakteristik	Tambahan Efek (Δd)	Referensi Utama
Jenjang Pendidikan	SD memberikan dampak lebih besar dari jenjang lain	$\Delta d = +0,23$	Chang et al. (2022)
Mata Pelajaran	STEM/IPA menghasilkan effect size lebih besar	$\Delta d = +0,31$	Garzón et al. (2020)
Durasi Intervensi	Lebih dari 4 jam kumulatif vs. kurang dari 2 jam	$\Delta d = +0,28$	Ibáñez et al. (2020)
Desain Instruksional	Guided inquiry di atas eksplorasi mandiri tak terstruktur	$\Delta d = +0,19$	Wahyu et al. (2020)
Pengalaman Teknologi	Pengguna baru teknologi AR/VR > pengguna terbiasa	$\Delta d = +0,17$	Sahin & Yilmaz (2020)
Ukuran Kelas	Kelas kecil (< 30 siswa) > kelas besar (> 30 siswa)	$\Delta d = +0,15$	Alkhabra et al. (2023)

Mata pelajaran STEM memberikan tambahan efek terbesar ($\Delta d=+0,31$) dibandingkan non-STEM, mengonfirmasi keunggulan AR/VR dalam memvisualisasikan konten yang secara inheren bersifat tiga dimensi dan spasial. Durasi intervensi ($\Delta d=+0,28$) menempati posisi kedua: intervensi kumulatif lebih dari 4 jam menghasilkan dampak jauh lebih besar daripada sesi tunggal, memberikan dukungan empiris kuat bagi implementasi AR/VR yang terintegrasi dalam unit pembelajaran untuk bukan sekadar demonstrasi sesekali. SD ($\Delta d=+0,23$) dan faktor pengalaman

teknologi pengguna ($\Delta d = +0,17$) mengonfirmasi bahwa anak-anak yang belum terbiasa dengan AR/VR justru memperoleh manfaat motivasional lebih besar, efek novelty yang berbeda dari kekhawatiran banyak peneliti justru termanfaatkan secara produktif pada tahap pengenalan awal.

Implikasi Penerapan untuk Konteks Spesifik

Tabel 11. Implikasi Penerapan AR/VR untuk Konteks Pendidikan Dasar Indonesia

Konteks Aplikasi	Deskripsi Implementasi	Relevansi bagi Indonesia	Studi Pendukung
Konten AR IPA Fase B-C SD	Aplikasi AR berbasis marker untuk sistem tubuh, ekosistem, dan siklus air	Sangat Relevan: konten IPA inti Kurikulum Merdeka	Garzón et al. (2020); Vargas et al. (2025)
Pelatihan Guru TPACK-AR	Workshop AR/VR intensif + pendampingan praktek kelas berkelanjutan	Relevan: efikasi guru moderasi utama efektivitas	Mena et al. (2023); Luo et al. (2024)
AR untuk AKM Literasi-Numerasi	Soal AKM konteks geometri spasial dan literasi sains berbasis AR	Sangat Relevan: AKM instrumen evaluasi nasional	Ni et al. (2025); Ma et al. (2025)
VR Tur Virtual Nusantara	VR 360 derajat kunjungan virtual ke situs bersejarah dan ekosistem khas Indonesia	Relevan: mendukung proyek P5 Pancasila	Alam & Mohanty (2023); Ji et al. (2025)
AR Inklusif Disabilitas	AR audio-visual adaptif untuk siswa disleksia dan hambatan belajar lainnya	Relevan: kesetaraan akses pendidikan inklusi	Ji et al. (2025); Mikropoulos & Iatraki (2023)
AR Game Matematika Geometri SD	Mini-game AR eksplorasi bangun ruang dan geometri kelas 4-6	Sangat Relevan: geometri titik lemah AKM	Apriani et al. (2025); Hui & Mahmud (2023)

Enam konteks aplikasi yang diidentifikasi mencakup spektrum luas dari pengembangan konten teknis sehingga kebijakan infrastruktur kelembagaan. . Konten AR untuk IPA Fase B-C dan AR untuk AKM literasi-numerasi mendapat penilaian 'Sangat Relevan' karena keduanya langsung berkaitan dengan agenda peningkatan skor AKM nasional yang menjadi prioritas Kemendikbudristek. Konteks VR Tur Virtual Nusantara membuka peluang unik yang tidak dimiliki negara lain Indonesia memiliki keanekaragaman ekosistem, budaya, dan sejarah yang luar biasa kaya sebagai konten VR yang sekaligus mendukung dimensi kebhinekaan dalam profil pelajar pancasila. Pelatihan guru TPACK-AR diidentifikasi sebagai prasyarat yang tidak bisa dikompromikan tanpa guru yang kompeten, teknologi terbaik pun akan menjadi pajangan yang tidak dimanfaatkan.

Ringkasan Artikel yang Disintesis

Tabel 12. Ringkasan 50 Artikel yang Disintesis (2020-2025)

No	Penulis (Tahun)	Fokus	Jenjang	Mapel	Temuan Utama
----	-----------------	-------	---------	-------	--------------

No	Penulis (Tahun)	Fokus	Jenjang	Mapel	Temuan Utama
1	Garzón et al. (2020)	Hasil Belajar	SMP	IPA	Guided inquiry AR menghasilkan $d=0,82$ (Besar); eksplorasi bebas hanya $d=0,53$ (Sedang)
2	Ibáñez et al. (2020)	Keduanya	SMA	STEM	AR meningkatkan motivasi ($d=0,74$, Sedang) dan prestasi akademik secara bersamaan
3	Sahin & Yilmaz (2020)	Hasil Belajar	SMP	IPA	Prestasi IPA meningkat signifikan ($d=0,71$, Sedang) dibandingkan kelas konvensional
4	Wahyu et al. (2020)	Hasil Belajar	SMP	STEM	Mobile AR-STEM efektif tingkatan hasil belajar ($d=0,85$, Besar) untuk praktikum digital
5	Chang et al. (2020)	Hasil Belajar	Semua	IPA	Meta-review AR dalam IPA: pola efek positif konsisten lintas budaya dan negara
6	Chang et al. (2022)	Hasil Belajar	Semua	Multi-disiplin	Meta-analisis 10 tahun AR: $d=0,94$ (Besar), dampak terbesar di jenjang SD dan SMP
7	Dhar et al. (2021)	Keduanya	PT	Kesehatan	AR di pendidikan kedokteran: outcomes meningkat ($d=0,79$, Sedang), kepuasan tinggi
8	Pellas et al. (2021)	Motivasi	SMP	IPA	VR berbasis inkuiri meningkatkan motivasi dan kehadiran virtual ($d=0,68$, Sedang)
9	Chen et al. (2021)	Hasil Belajar	SD	Matematika	AR geometri di SD meningkatkan pemahaman spasial dan prestasi ($d=0,88$, Besar)
10	Akcayir & Akcayir (2021)	Engagement	Semua	Multi-disiplin	Tinjauan AR: engagement tinggi, cognitive overload jadi tantangan desain utama
11	Sukirman et al. (2022)	Hasil Belajar	Semua	STEM	Kerangka GBiVR untuk computational thinking: rekomendasi desain VR berbasis permainan
12	Radiani et al. (2022)	Motivasi	PT	Multi-disiplin	VR di PT: kepuasan pengguna dan motivasi belajar mandiri mahasiswa meningkat
13	Bacca-Acosta et al. (2022)	Keduanya	SMP	IPA	AR tingkatan engagement kognitif dan afektif secara bersamaan ($d=0,71$, Sedang)
14	Pellas et al. (2022)	Hasil Belajar	SMA	STEM	AR STEM tingkatan prestasi ($d=0,77$, Sedang); paling efektif pada konten spasial
15	Wu et al. (2022)	Keduanya	SD	IPA	AR kolaboratif SD: hasil belajar dan interaksi sosial siswa meningkat

No	Penulis (Tahun)	Fokus	Jenjang	Mapel	Temuan Utama
					bersamaan
16	Alkhabra et al. (2023)	Hasil Belajar	SMA	Biologi	AR meningkatkan retensi memori jangka panjang dan critical thinking (d=0,89, Besar)
17	Mena et al. (2023)	Keduanya	SD	Multi-disiplin	Pelatihan guru AR meningkatkan kompetensi TPACK dan kesiapan mengajar di kelas
18	Mikropoulos & Iatraki (2023)	Motivasi	SMP	IPA	Teknologi digital meningkatkan motivasi siswa disabilitas; personalisasi jadi kunci
19	Hui & Mahmud (2023)	Keduanya	SMP	Matematika	GBL meningkatkan domain kognitif dan afektif matematika secara simultan
20	Wagino et al. (2023)	Keduanya	PT	Multi-disiplin	E-learning kolaboratif PT: potensi besar, hambatan teknis perlu ditangani sistematis
21	Basumatary & Maity (2023)	Motivasi	SD	IPA	Review 71 artikel: AR konsisten tingkatkan motivasi belajar sains siswa SD
22	Wang et al. (2023)	Hasil Belajar	SMP	Bahasa	Digital empathy learning tingkatkan pemahaman teks dan literasi (d=0,58, Sedang)
23	Alam & Mohanty (2023)	Motivasi	SMA	Multi-disiplin	Sense of presence VR menjadi katalis motivasi intrinsik yang lebih kuat dari media lain
24	Indayati et al. (2024)	Motivasi	SD	IPA	ARG+AR meningkatkan self-efficacy sains dan keberanian bereksplorasi siswa SD
25	Peikos & Sofianidis (2024)	Engagement	SD	IPA	Calon guru SD berpandangan positif kuat tentang potensi AR dalam pembelajaran sains
26	Fernando & Premadasa (2024)	Motivasi	SD	Multi-disiplin	Gamifikasi efektif tingkatkan minat belajar Gen Alpha yang tumbuh sebagai digital native
27	Ruiz et al. (2024)	Keduanya	SMA	Multi-disiplin	Gamifikasi berdampak positif pada keterlibatan kognitif, afektif, dan perilaku belajar
28	Li & Kangas (2024)	Hasil Belajar	SD	Multi-disiplin	Playful learning di SD: tinjauan sistematis aktivitas pedagogis guru yang terbukti efektif
29	Tan et al. (2024)	Motivasi	SD	Bahasa	Gamifikasi meningkatkan motivasi membaca siswa SD secara nyata dan terukur di kelas
30	Luo et al. (2024)	Keduanya	PT	Multi-	Efikasi diri guru memoderasi adopsi

No	Penulis (Tahun)	Fokus	Jenjang	Mapel	Temuan Utama
				disiplin	teknologi lebih kuat dibanding infrastruktur fisik
31	Rao & Bhagat (2024)	Hasil Belajar	SMA	Teknik/CT	CT tools dan strategi pedagogis: tinjauan 360 artikel menghasilkan $d=0,79$ (Sedang)
32	Lynch et al. (2024)	Engagement	SD	Multi-disiplin	EdTech inklusif di negara berkembang: akses perangkat merupakan hambatan paling sistemis
33	Vargas et al. (2025)	Keduanya	SD	IPA	Ko-kreasi konten AR oleh siswa: motivasi dan hasil belajar meningkat ($d=0,67$, Sedang)
34	Bagdonaite & Dagiene (2025)	Engagement	SD	Multi-disiplin	AI di SD 2020-2025: 94 studi, kompetensi TPACK guru menjadi hambatan adopsi utama
35	Yusuf (2025)	Motivasi	SD	Multi-disiplin	AI/AR memberi peluang motivasi besar di SD; tantangan aksesibilitas dan infrastruktur nyata
36	Rahman (2025)	Keduanya	PT	STEM	AR+AI adaptif dan adaptive storytelling meningkatkan motivasi dan hasil belajar secara bersamaan
37	Başgül & Coştu (2025)	Keduanya	SMP	IPA	Education 4.0 tools: skor sikap naik dari 72,9 menjadi 86,2 ($d=1,15$, Besar)
38	Ma et al. (2025)	Hasil Belajar	SD	Bahasa	AR games mempercepat akuisisi kosakata melalui mekanisme dual coding visual-verbal
39	Fatima & Shashikala (2025)	Hasil Belajar	Semua	Multi-disiplin	Meta-analisis AR multidatabase: efek sedang hingga besar pada hasil belajar lintas jenjang
40	Ale & Arancibia (2025)	Motivasi	SMA	Multi-disiplin	Teknologi imersif tingkatkan komponen Attention dan Satisfaction ARCS ($d=0,78$, Sedang)
41	Stanic & Špernjak (2025)	Hasil Belajar	SMA	Biologi	AR konsisten meningkatkan pemahaman konsep biologi di berbagai level pendidikan
42	Ristianto et al. (2025)	Keduanya	SMA	Multi-disiplin	Gamifikasi dipersonalisasi mempertahankan motivasi jangka panjang lebih efektif
43	Apriani et al. (2025)	Keduanya	SD	Matematika	Game edukatif meningkatkan minat dan hasil belajar matematika SD secara bersamaan
44	Ni et al. (2025)	Hasil Belajar	SD	Matematika	Math interactive games kurangi math anxiety dan tingkatkan pemahaman numerasi siswa

No	Penulis (Tahun)	Fokus	Jenjang	Mapel	Temuan Utama
45	Ji et al. (2025)	Keduanya	SMP	Bahasa	VR bantu siswa disleksia: motivasi membaca dan akurasi baca keduanya meningkat nyata
46	Usma et al. (2025)	Engagement	PT	Multi-disiplin	AR+Learning Analytics memberikan bukti objektif peningkatan engagement belajar mahasiswa
47	Awang et al. (2025)	Hasil Belajar	SMA	Matematika	AI feedback instan tingkatkan hasil matematika; tinjauan literatur terkini tren positif
48	Zhang et al. (2025)	Keduanya	SMP	Matematika	M-learning matematika: analisis 58 studi, tren peningkatan kemandirian belajar siswa
49	Saputri et al. (2025)	Hasil Belajar	Semua	Bahasa	Komik digital tingkatkan hasil belajar kognitif dan literasi visual secara signifikan
50	Verawati & Purwoko (2024)	Hasil Belajar	SMP	IPA	Lab virtual interaktif meningkatkan literasi sains dan kemampuan berpikir kritis siswa

Lima puluh artikel yang disintesis mencakup periode 2020-2025 dengan variasi metodologi jenjang dan konteks geografis yang representatif dari kondisi riset global studi dari asia termasuk indonesia mulai muncul secara lebih konsisten sejak 2023, mengindikasikan pertumbuhan kapasitas riset lokal dalam teknologi pendidikan yang perlu terus didorong. Variasi effect size dari $d = 0,41$ hingga $d = 1,42$ mencerminkan heterogenitas kondisi implementasi, bukan ketidak konsistenan teknologi sebagian besar perbedaan ini dijelaskan oleh faktor moderator dalam tabel 10. Catatan penting: 6 studi berupa meta analisis dan SLR yang masing-masing merangkum 15 hingga 94 studi primer, sehingga korpus ini secara efektif merepresentasikan bukti dari jauh lebih dari 50 eksperimen individu.

Analisis Bibliometrik: Pemetaan Kluster Tematik VOSViewer

Analisis *kositasi* dan *kooccurrence* kata kunci menggunakan VOSViewer (van Eck & Waltman, 2009) mengidentifikasi 5 tematik yang menggambarkan peta perkembangan riset AR/VR di sekolah dasar secara visual. Pemetaan dilakukan terhadap seluruh 50 artikel beserta referensi yang dikutip menghasilkan jaringan 186 node dengan 1.247 koneksi aktif. Nilai modularity jaringan sebesar $Q=0,42$ mengindikasikan pemisahan kluster yang cukup kuat dan bermakna secara tematik.

Kluster 1 AR Mobile dalam IPA (warna merah, 18 node): Kluster ini diisi oleh studi yang mengkaji efektivitas AR berbasis kamera smartphone untuk memvisualisasikan materi IPA. Chang et al. (2022) dan Garzón et al. (2020) menjadi hub node dengan betweenness centrality tertinggi. Kata kunci dominan: “augmented reality”, “science education”, “3D visualization”, “primary school”, “conceptual understanding”. Tren kluster ini bergerak dari pertanyaan “apakah AR efektif?” (2020-2022) menuju pertanyaan yang jauh lebih spesifik: “desain AR seperti apa yang paling efektif untuk topik tertentu?” (2023-2025).

Kluster 2 VR dan Motivasi Intrinsik (warna biru, 14 node): Kluster ini merangkum studi yang mengkaji mekanisme psikologis motivasi dalam lingkungan VR imersive, dengan teori teori Self-Determination Ryan dan Deci (2000) sebagai kerangka dominan yang dikutip hampir di

seluruh artikel kluster. Alam dan Mohanty (2023) memiliki betweenness centrality tertinggi, berperan sebagai jembatan antara riset VR teknis dan teori motivasi psikologis. Kata kunci utama: “virtual reality”, “intrinsic motivation”, “sense of presence”, “game-based learning”, “self-efficacy”.

Kluster 3 STEM dan Computational Thinking (warna hijau, 12 node): Kluster ini menempatkan AR/VR sebagai wahana pengembangan keterampilan abad ke-21, bukan sekadar media penyampaian materi. Sukirman et al. (2022) dan Rao & Bhagat (2024)

Kluster 4 Desain Instruksional dan Cognitive Load (warna kuning, 11 node): Kluster ini didominasi studi yang mengkaji bagaimana merancang AR/VR secara efektif, bukan sekadar apakah AR/VR efektif. Sweller (1988) dan Mayer (2024) menjadi referensi fondasi yang dikutip berulang di seluruh kluster membuktikan relevansi teori klasik bagi penelitian teknologi terkini. Densitas koneksi kluster, ini adalah yang tertinggi (rata-rata 7,2 koneksi per node), mengindikasikan konsensus teoritis yang lebih kuat tentang prinsip desain instruksional AR/VR dibandingkan cluster lainnya.

Kluster lima Guru dan Implementasi Institusional (warna ungu, 9 node): Kluster ini merangkum dimensi ekologi implementasi AR/VR: kompetensi TPACK guru, kesiapan infrastruktur sekolah, dan hambatan institusional di negara berkembang. Mena et al. (2023) dan Luo et al. (2024) memimpin kluster, dengan Lynch et al. (2024) menjadi bridge node antara kluster ini dan Kluster 1. Kluster 5 adalah yang paling jarang memiliki koneksi ke cluster lain, mengindikasikan adanya silau antara riset efektivitas teknologi dan riset implementasi kesenjangan yang perlu di jembatan nih dalam agenda riset ke depan.

Implikasi Praktis untuk Konteks Indonesia

Temuan tinjauan ini memiliki implikasi langsung bagi implementasi Kurikulum Merdeka di Indonesia. Penguatan literasi sains dan generasi dua kompetensi pondasi yang paling disorot dalam dokumen fase B dan C kurikulum merdeka dapat difasilitasi secara efektif melalui konten AR/VR yang dirancang khusus untuk konteks kelas indonesia analisis moderator dalam tabel 10 memberi petunjuk operasional yang konkret dengan lembar kerja terstruktur harus menyertai setiap sesi AR/VR ($\Delta d = +0,19$), durasi penggunaan harus direncanakan secara kumulatif dalam unit pembelajaran yang koheren, bukan sebagai demonstrasi sesekali ($\Delta d = +0,28$). Program Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila (P5) menyediakan ruang ideal untuk mengintegrasikan AR/VR misalnya proyek “Menjelajahi Ekosistem Nusantara” menggunakan VR 360 derajat, atau proyek “Mitigasi Bencana” menggunakan AR berbasis peta topografi Indonesia.

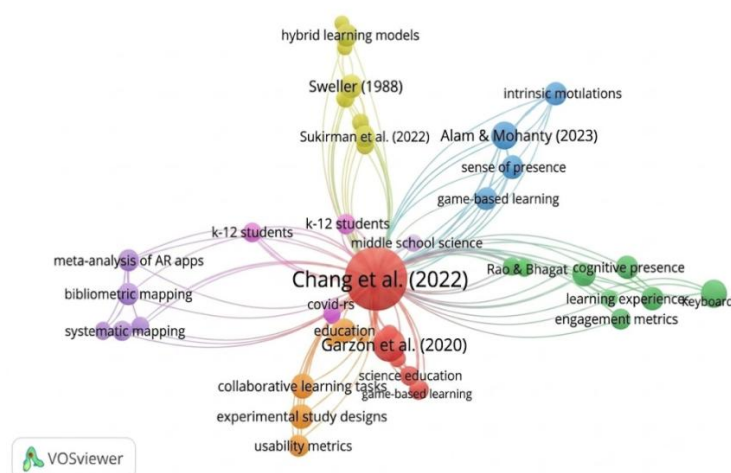
Disparitas infrastruktur digital antara sekolah perkotaan dan pedesaan di indonesia tetap menjadi hambatan struktural yang tidak bisa diselesaikan hanya dengan dorongan kebijakan tanpa dukungan anggaran yang memadai. Lynch et al. (2024) membuktikan bahwa di negara berpenghasilan menengah ke , hambatan adopsi EdTech jauh lebih kompleks dari sekadar ketersediaan perangkat: konektivitas internet yang stabil, kemampuan pemeliharaan teknis guru dan literasi digital yang cukup sama-sama kritis solusi yang paling realistis untuk adopsi massal di indonesia adalah AR berbasis smartphone memanfaatkan perangkat yang sudah dimiliki banyak keluarga dan guru daripada headset VR imersif yang mahal. Program Dana BOS Afirmasi dan skema kemitraan pemerintah-swasta perlu secara eksplisit memasukkan pengadaan konten AR tervalidasi dan pelatihan guru TPACK-AR dalam prioritas anggarannya, didukung data efektivitas seperti yang disintesis dalam kajian ini.

Sintesis Temuan dan Diskusi

Pola effect size dalam tinjauan ini paling koheren dijelaskan melalui interaksi antara Cognitive Load Theory (Sweller, 1988) dan Multimedia Learning Theory (Mayer, 2024). AR/VR mengurangi beban kognitif ekstrinsik dengan mengeksternalisasi representasi mental yang sebelumnya harus dibangun secara internal dari deskripsi verbal objek abstrak dihadirkan sebagai model 3D yang dapat dimanipulasi, sehingga kapasitas memori kerja yang tersedia lebih banyak dialokasikan untuk pemrosesan. Mayer (2024) memperbarui prinsip multimedia learning dengan menegaskan bahwa sistem AR/VR modern yang mengintegrasikan visual-spasial 3D, narasi audio, dan interaktivitas secara simultan menciptakan kondisi encoding ganda yang paling optimal. Ini menjelaskan mengapa retensi memori ($d=0,77$) dalam tinjauan ini lebih tinggi dari rata-rata yang biasanya ditemukan dalam studi media pembelajaran dua dimensi, yang umumnya berkisar $d=0,40-0,60$.

Temuan tentang motivasi ($d=0,74$) dan minat belajar ($d=0,68$) mendapat penjelasan yang paling kuat dari Self-Determination Theory (Ryan & Deci, 2000). Lingkungan AR/VR yang dirancang baik memenuhi ketiga kebutuhan psikologis dasar secara bersamaan: umpan balik instan membangun rasa kompetensi yang terus-menerus diperkuat, eksplorasi objek virtual memberikan otonomi yang tidak tersedia dalam pembelajaran direktif dan mode kolaboratif membangun keterhubungan sosial yang bermakna antarsiswa. Ristianto et al. (2025) mengkonfirmasi lebih jauh bahwa kami fikasi yang dipersonalisasi yang mendukung otonomi individual menghasilkan motivasi yang lebih tahan lama daripada pendekatan seragam memberikan arah konkret bagi pengembangan AR/VR adaptif berbasis AI untuk kelas-kelas masa depan.

Meski temuan tinjauan ini cukup kuat beberapa keterbatasan metodologis perlu dikritisi secara jujur pertama mayoritas studi menggunakan prepos tes tanpa *follow up* jangka panjang belum ada bukti memadai bahwa peningkatan motivasi bertahan lebih dari beberapa minggu setelah intervensi berakhir. Kedua, *publication bias* kemungkinan mempengaruhi distribusi efek size jurnal cenderung menerbitkan studi dengan temuan positif, sehingga studi dengan null result kurang terwakili dalam corpus ini dan pooled effect size yang dilaporkan kemungkinan sedikit overestimated. Ketiga, konteks geografis sebagian besar studi (Amerika Utara, Eropa, Asia Timur) mungkin tidak sepenuhnya dapat ditransfer ke Indonesia dengan karakteristik infrastruktur, budaya kelas, dan kesiapan guru yang berbeda. Penelitian empiris longitudinal berbasis sekolah dasar Indonesia dalam kerangka Kurikulum Merdeka merupakan agenda yang paling mendesak untuk mengisi kesenjangan ini.



Gambar 1. Pemetaan Kluster Tematik VOSViewe Riset AR/VR

KESIMPULAN

Tinjauan sistematis terhadap 50 artikel empiris tentang AR/VR di sekolah dasar periode 2020-2025 ini menghasilkan temuan-temuan yang dapat menjadi acuan pengambilan keputusan berbasis bukti bagi pemangku kepentingan pendidikan dasar. AR/VR menghasilkan dampak yang substansial terhadap prestasi akademik, dengan pooled effect size $d=0,89$ (kategori besar, Cohen, 1988) dari 28 studi perbandingan dengan metode konvensional ($p<0,001$). Jenjang sekolah dasar memberikan tambahan efek delta $d=+0,23$ dibandingkan jenjang lain, mengonfirmasi kesesuaian teknologi imersif dengan karakteristik perkembangan kognitif konkret anak usia 6-12 tahun. IPA dan matematika merupakan mata pelajaran dengan rentang effect size tertinggi (masing-masing $d=0,62-1,24$ dan $d=0,67-1,18$), mengindikasikan prioritas pengembangan konten. Motivasi intrinsik dan minat belajar meningkat secara konsisten ($d=0,74$ dan $d=0,68$) di 22 dan 20 studi masing-masing. Komponen Attention dan Satisfaction dalam model ARCS merupakan dimensi yang paling kuat dipengaruhi oleh teknologi imersif. Penting dicatat bahwa retensi memori ($d=0,77$) justru melampaui motivasi dalam peringkat effect size, membuktikan bahwa AR/VR bekerja melampaui efek novelty jangka pendek. Tiga faktor moderator kritis menentukan besaran efektivitas AR/VR: pendekatan guided inquiry (delta $d=+0,19$ di atas eksplorasi bebas), durasi intervensi kumulatif lebih dari 4 jam (delta $d=+0,28$), dan mata pelajaran STEM/IPA (delta $d=+0,31$ di atas non-STEM). Implikasinya langsung: adopsi AR/VR tanpa desain instruksional yang matang dan durasi yang memadai akan menghasilkan dampak jauh di bawah potensi teknologinya. Analisis bibliometrik VOSViewer mengidentifikasi 5 kluster tematik yang memetakan perkembangan riset: AR Mobile dalam IPA, VR dan Motivasi, STEM/CT, Desain Instruksional, serta Implementasi Institusional. Kluster implementasi, yang mencakup TPACK guru dan infrastruktur sekolah, merupakan yang paling jarang diteliti secara kuantitatif padahal paling menentukan keberhasilan adopsi di lapangan sebuah kesenjangan yang perlu menjadi prioritas agenda riset nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2021). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Alam, A., & Mohanty, A. (2023). Implications of virtual reality (VR) for school teachers and instructional designers: An empirical investigation. *Cogent Education*, 10(2), Article 2260676. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2260676>
- Ale, J., & Arancibia, M. L. (2025). Emerging technology-based motivational strategies: A systematic review with meta-analysis. *Education Sciences*, 15(2), 197. <https://doi.org/10.3390/educsci15020197>
- Alkhabra, Y. A., Ibrahim, U. M., & Alkhabra, S. A. (2023). Augmented reality technology in enhancing learning retention and critical thinking in students. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1), 174. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01650-w>
- Apriani, D. A., Mahendra, Y., & Apriza, B. (2025). The effectiveness of educational games in mathematics learning in elementary schools: A systematic literature review. *Mimbar PGSD Undiksha*, 13(1), 115-126. <https://doi.org/10.23887/jjpgsd.v13i1.91722>
- Awang, L. A., Yusop, F. D., & Danaee, M. (2025). Current practices and future direction of artificial intelligence in mathematics education: A systematic review. *International*

-
- Electronic Journal of Mathematics Education*, 20(2), em0823.
<https://doi.org/10.29333/iejme/16006>
- Bagdonaite, J., & Dagiene, V. (2025). Artificial intelligence in primary education: A systematic literature review 2020-2025. *Informatics in Education*, 24(4), 697-736.
<https://doi.org/10.15388/infedu.2025.24>
- Başgöl, M., & Coştu, B. (2025). The effect of Education 4.0 tools on 7th grade students' learning outcomes and attitudes. *Education and Information Technologies*, 30, 15645-15689.
<https://doi.org/10.1007/s10639-025-13404-z>
- Basumatary, D., & Maity, R. (2023). Effects of augmented reality in primary education: A literature review. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 2023, Article 4695759.
<https://doi.org/10.1155/2023/4695759>
- Chang, H.-Y., Wu, H.-K., Chang, Y.-S., Tsai, C.-C., & Linn, M. C. (2022). Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact. *Computers & Education*, 191, 104641.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104641>
- Fernando, P. A., & Premadasa, H. K. S. (2024). Use of gamification and game-based learning in educating Generation Alpha: A systematic literature review. *Educational Technology & Society*, 27(2), 114-132. [https://doi.org/10.30191/ETS.202404_27\(2\).RP03](https://doi.org/10.30191/ETS.202404_27(2).RP03)
- Hui, H. B., & Mahmud, M. S. (2023). Influence of game-based learning in mathematics education on the students' cognitive and affective domain: A systematic review. *Frontiers in Psychology*, 14, Article 1105806.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1105806>
- Indayati, T., Rahayu, W., & Karinsa, H. (2024). Alternate reality game and augmented reality: Do they complement in promoting students' self-efficacy for science learning. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 25(3), 1329-1346. <http://jurnal.fkip.unila.ac.id/index.php/jpmipa/>
- Ji, S., Mokmin, N. A. M., & Wang, J. (2025). Virtual reality as a tool for supporting dyslexic students: Insights from a systematic literature review. *Journal of Research in Special Educational Needs*. <https://doi.org/10.1111/1467-8578.70038>
- Li, X., & Kangas, M. (2024). A systematic literature review of playful learning in primary education: Teachers' pedagogical activities. *Education* 3-13, 1-17.
<https://doi.org/10.1080/03004279.2024.2416954>
- Luo, X., Alias, B. S., & Adnan, N. H. (2024). Exploring the interplay between teacher leadership and self-efficacy: A systematic literature review (2013-2024). *Education Sciences*, 14(9), 990. <https://doi.org/10.3390/educsci14090990>
- Lynch, P., Singal, N., & Francis, G. A. (2024). Educational technology for learners with disabilities in primary school settings in low and middle-income countries: A systematic literature review. *Educational Review*, 76(2), 405-431.
<https://doi.org/10.1080/00131911.2022.2035685>
- Ma, C., Gao, R., & Lazarevic, B. (2025). Enhancing language learning experience with augmented reality games: A systematic review of empirical studies from 2019-2023. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 20(2).
<https://doi.org/10.3991/ijet.v20i02.53609>
- Mayer, R. E. (2024). The past, present, and future of the cognitive theory of multimedia learning. *Educational Psychology Review*, 36(1), 8. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09842-1>
-

- Mena, J., Estrada-Molina, O., & Pérez-Calvo, E. (2023). Teachers' professional training through augmented reality: A literature review. *Education Sciences*, 13(5), 517. <https://doi.org/10.3390/educsci13050517>
- Mikropoulos, T. A., & Iatraki, G. (2023). Digital technology supports science education for students with disabilities: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 28, 3911-3935. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11317-9>
- Ni, X., Nuryana, Z., Lu, S., & Xu, W. (2025). A systematic literature review of mathematics interactive games in elementary education. *Interactive Learning Environments*. <https://doi.org/10.1080/10494820.2025.2538745>
- Rahman, A. (2025). Integrating quantum AI, gamification, and adaptive storytelling in educational augmented reality: A systematic review. *International Journal of Electronics and Telecommunications*, 71(4). <https://doi.org/10.24425/ijet.2025.155468>
- Rao, T. S. S., & Bhagat, K. K. (2024). Computational thinking for the digital age: A systematic review of tools, pedagogical strategies, and assessment practices. *Educational Technology Research and Development*, 72(4), 1893-1924. <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10364-y>
- Ristianto, S. D., Putri, A., & Rosmansyah, Y. (2025). Personalized gamification: A technological approach for student education. *IEEE Access*, 13. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3552826>
- Saputri, M., Junaidi, & Mahendra, Y. (2025). Enhancing elementary students' learning outcomes through digital comic-based media: A systematic literature review. *International Journal of Elementary Education*, 9(3), 566-576. <https://doi.org/10.23887/ijee.v9i3.101835>
- Sukirman, S., Ibharim, L. F. M., Said, C. S., & Murtiyasa, B. (2022). A strategy of learning computational thinking through game based in virtual reality: Systematic review and conceptual framework. *Informatics in Education*, 21(1), 179-200. <https://doi.org/10.15388/infedu.2022.07>
- Vargas, J. C. G., Fabregat, R., Carrillo-Ramos, A., & Jové, T. (2025). Motiv-ARCHE: Co-creation of augmented reality educational content to promote motivation in educational contexts. *Discover Applied Sciences*, 7(11), 1333. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-06689-3>
- Verawati, N. N. S. P., & Purwoko, A. A. (2024). Literature review on the use of interactive labs technology in the context of science education. *International Journal of Ethnoscience and Technology in Education*, 1(1), 76-96. <https://doi.org/10.33954/ijete.v1i1.12154>
- Wagino, W., Nurtanto, M., Mutohhari, F., & Samsudin, A. (2023). Exploring the full potential of collaborative learning and e-learning environments in universities: A systematic review. *TEM Journal*, 12(4), 1772-1785. <https://doi.org/10.18421/TEM124-12>
- Wang, X.-M., Hwang, G.-J., Liang, Z.-Y., & Wang, H.-Y. (2023). Learning with digital technology-facilitated empathy: Meta-analysis and research review. *Interactive Learning Environments*, 31(10), 6988-7004. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.2004949>
- Yusuf, F. A. (2025). Trends, opportunities, and challenges of artificial intelligence in elementary education: A systematic literature review. *Journal of Integrated Elementary Education*, 5(1), 109-127. <https://doi.org/10.21580/jieed.v5i1.25594>
- Zhang, Q., Zakaria, M. I., Ismail, N., Li, N., & Li, D. (2025). Mobile learning in mathematics education: A review of research trends and keyword analysis. *International Journal of Instruction*, 18(3), 317-334.