

META-ANALISIS: AUGMENTED REALITY SEBAGAI CARA BARU YANG TERBUKTI EFEKTIF MENINGKATKAN PERHATIAN SISWA DALAM PEMBELAJARAN

Raihan Ramadhan¹, Khilda Rahmi Zaki², Ambiyar³, Usmeldi⁴

Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang^{1,2,3,4}
e-mail: raihanramadhan@student.unp.ac.id¹, khildarz@gmail.com², ambiyar@ft.unp.ac.id³,
usmaldi@ft.unp.ac.id⁴

ABSTRAK

Perkembangan teknologi Augmented Reality (AR) menawarkan potensi besar untuk merevolusi dunia pendidikan dengan menciptakan pengalaman belajar yang lebih imersif. Latar belakang penelitian ini adalah tantangan untuk mempertahankan perhatian siswa dalam metode pembelajaran konvensional. Fokus utama penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membuktikan secara empiris efektivitas penggunaan AR dalam meningkatkan perhatian siswa. Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian ini menggunakan metode meta-analisis yang komprehensif. Tahapan pentingnya meliputi identifikasi dan seleksi sistematis terhadap 20 studi kuantitatif relevan yang membandingkan secara langsung antara pembelajaran berbasis AR dengan pembelajaran konvensional. Data dari studi-studi tersebut kemudian diintegrasikan dan dianalisis secara statistik untuk mengukur besaran efek gabungan. Temuan utama penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan AR secara signifikan lebih unggul dalam meningkatkan perhatian siswa, dengan efek ukuran yang besar ($d = 1.06$, 95% CI: 0.41-1.70, $p < 0.01$). Disimpulkan bahwa AR merupakan alat bantu yang sangat efektif untuk membuat pembelajaran lebih menarik dan interaktif. Meskipun demikian, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi secara mendalam mekanisme kognitif yang mendasari efektivitas teknologi ini dalam konteks pendidikan.

Kata Kunci: *Augmented Reality, Pembelajaran Interaktif, Meta-Analisis, Inovasi Pendidikan.*

ABSTRACT

The development of Augmented Reality (AR) technology offers great potential to revolutionize the world of education by creating a more immersive learning experience. The background of this study is the challenge of maintaining student attention in conventional learning methods. The main focus of this study is to analyze and empirically prove the effectiveness of using AR in improving student attention. To achieve this goal, this study uses a comprehensive meta-analysis method. The important stages include systematic identification and selection of 20 relevant quantitative studies that directly compare AR-based learning with conventional learning. Data from these studies were then integrated and statistically analyzed to measure the magnitude of the combined effect. The main findings of the study indicate that learning using AR is significantly superior in improving student attention, with a large effect size ($d = 1.06$, 95% CI: 0.41-1.70, $p < 0.01$). It is concluded that AR is a very effective tool to make learning more interesting and interactive. However, further research is needed to explore in depth the cognitive mechanisms underlying the effectiveness of this technology in the educational context.

Keywords: *Augmented Reality, Interactive Learning, Meta-Analysis, Educational Innovation.*

PENDAHULUAN

Pertumbuhan tercepat yang dapat dilihat dalam kehidupan sehari-hari. Dengan bantuannya, dunia fisik dapat diperluas dengan elemen-elemen virtual (misalnya model 3D, Copyright (c) 2025 EDUCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan & Pengajaran

video, dan animasi) yang menyatu dengan lingkungan nyata. Sistem yang diperoleh berada di tengah-tengah antara dunia nyata dan dunia virtual, dan ditampilkan dengan bantuan ponsel, layar komputer atau perangkat khusus yang dipasang di kepala (Biró et al., 2017). Dengan meningkatnya penggunaan augmented reality (AR) dalam pendidikan, telah muncul Augmented Reality Learning Experience (ARLE). ARLE adalah pengalaman belajar yang dibuat oleh AR (Santos et al., 2014). Dengan banyak ARLE yang dibuat untuk hampir semua tingkat pendidikan, mulai dari pendidikan usia dini hingga pendidikan tinggi. Akibatnya, banyak literatur telah menulis tentang teknologi ini dalam pendidikan, termasuk berbagai keuntungan dan kelemahan, serta peluang dan tantangan. Aplikasi AR dalam pendidikan memiliki dua keuntungan utama, yaitu hasil belajar yang lebih baik dan motivasi belajar yang lebih tinggi (Bacca et al., 2015; Omurtak & Zeybek, 2022).

Semenjak covid melanda beberapa tahun yang lalu, banyak teknologi AR digunakan dalam pembelajaran dalam memfasilitasi pembelajaran daring. Banyak riset dilakukan terkait efektivitas pembelajaran menggunakan teknologi ARLE. Salah satu aspek yang banyak diteliti terhadap media AR ini adalah motivasi belajar. Motivasi belajar dianggap sebagai pendorong seseorang untuk aktif dan partisipatif dalam kegiatan pembelajaran sehingga mereka berkemauan untuk memberikan energi lebih terhadap pembelajaran tersebut (Harahap et al., 2021). Beberapa evaluasi motivasi belajar siswa dalam pengalaman Augmented Reality, melalui teori Keller's ARCS telah menjadi teori yang umum digunakan oleh peneliti dalam melihat motivasi belajar (Nurfaizi et al., 2022). Teori Keller memperhitungkan: Perhatian, Relevansi, dan Kepuasan (ARCS) sebagai konstruk potensial dari motivasi Pendidikan. "Perhatian" mengacu pada keterlibatan siswa dengan topik, yang difokuskan pada tujuan pembelajaran suatu kegiatan. "Relevansi" terkait dengan keterkaitan siswa dengan sumber daya yang membuat mereka tetap tertarik (Laurens-Arredondo, 2022).

Sebagian besar studi menunjukkan bahwa teknologi augmented reality (AR) dapat meningkatkan perhatian siswa saat belajar. Sebagai contoh, Cavallo dan Laubach (2001) menemukan bahwa teknologi AR dapat membuat siswa lebih merasa puas setelah belajar. Menurut Akçayır dan Akçayır (2017), teknologi AR mendorong siswa untuk yakin dan percaya diri terhadap pembelajaran. Yildirim (2020) menemukan bahwa siswa dalam kelompok eksperimen yang menggunakan teknologi augmented reality (AR) secara signifikan lebih termotivasi daripada kelompok kontrol yang tidak menggunakan AR. Selain itu, Zhang et al. (2014) dan Tian et al. (2014) menunjukkan bahwa penggunaan AR dalam pendidikan dapat meningkatkan semangat siswa. Cao dan Yu (2023) menemukan bahwa siswa kimia sekolah menengah dimotivasi secara signifikan oleh sistem pembelajaran berbasis AR seluler. Demitriadou et al. (2020) menyatakan bahwa teknologi AR dapat meningkatkan relevansi untuk belajar.

Studi sebelumnya menunjukkan bahwa, meskipun teknologi augmented reality (AR) dapat meningkatkan motivasi untuk belajar, hasilnya tidak konsisten. Misalnya, Gómez-García et al. (2021) menemukan bahwa siswa yang menggunakan teknologi AR tidak menunjukkan motivasi yang lebih besar untuk belajar dibandingkan siswa yang tidak menggunakannya. Selain itu, Lee dan Hsu (2021) menemukan bahwa menggunakan AR dalam kursus sertifikasi kejuruan tidak secara signifikan meningkatkan keinginan untuk belajar. Kami mengusulkan hipotesis alternatif berdasarkan implikasi dan temuan yang tidak konsisten ini: guru yang enggan mengubah pendekatan pedagogis tradisional mereka mungkin merasa kurang termotivasi oleh teknologi AR, yang juga dapat mengurangi keinginan guru untuk membuat siswa menggunakan teknologi AR dalam pembelajaran.

Dari fenomena ini maka dibutuhkan suatu analisis mendalam berupa meta analisis dalam melihat gambaran sejauhmana pengaruh dan hambatan ARLE dalam pembelajaran di

Copyright (c) 2025 EDUCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan & Pengajaran

kelas, maka telah dilakukan meta analisis ini terhadap sejumlah hasil kajian yang dilakukan oleh beberapa peneliti baik lokal maupun manca negara dalam konteks desain eksperimen. Tujuan dari meta-analisis ini adalah untuk menyelidiki dampak Augmented Reality (AR) pada hasil pendidikan sambil meminimalkan keterbatasan yang disebutkan di atas. Dalam studi ini juga akan dideskripsikan data lebih eskplisit teori motivasi ARCS pada indikator perhatian (attention) siswa. Karena perhatian merupakan aspek penting dalam pembentukan motivasi pada diri seseorang, seseorang yang memberikan motivasi lebih akan cenderung memiliki motivasi yang kuat terhadap suatu hal (Harahap et al., 2021). Perhatian memainkan peran penting dalam pembelajaran dan pengembangan keterampilan kognitif, sosial, dan emosional siswa, dengan adanya perhatian yang ditunjukkan siswa secara simultan terhadap pembelajaran maka pemahaman kognitif siswa meningkat dalam konteks pembelajaran tersebut (Sulaiman et al., 2011). Kami akan menyertakan semua studi yang tersedia terkait AR, dan dalam kasus di mana informasi yang memadai tidak tersedia, kami akan mengumpulkan sumber atau referensi dari berbagai artikel yang sudah dipublikasi. Analisis kami juga akan mencakup berbagai pendekatan pedagogis yang difasilitasi oleh AR dengan tujuan untuk mencapai kesimpulan yang komprehensif mengenai motivasi ARCS yang difokuskan pada aspek perhatian.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan bentuk ulasan sistematis (meta-analisis) yang bertujuan sebagai upaya menyaring informasi dari berbagai sumber bacaan perihal efektifitas media pembelajaran Augmented Reality dalam mempengaruhi motivasi ARCS, dalam konteks ini difokuskan untuk meninjau aspek perhatian saja seperti yang dijelaskan pada bagian pendahuluan (introduction). Pada bagian ini akan dijelaskan pencarian metode literatur dan kriteria seleksi, proses koding dan prosedur dari meta analisis secara lebih rinci. Pencarian metode literatur dan kriteria seleksi. Artikel ini adalah sebuah pengembangan hasil-hasil penelitian secara sistematis melalui metode meta analisis (Seidel and Shavelson 2007). Proses penyaringan terhadap sampel terhadap hasil studi meta analisis ini diawali dengan manggalu berbagai hasil temuan penelitain selama beberapa dekade belakangan ini tentang media ARLE dan Motivasi Belajar ARCS. Seleksi ini difokuskan kepadadn hasil literatur yang dititikberatkan pada peran media ARLE dalam meningkatkan motivasi belajar ARCS. Seidel and Shavelson (2007) juga menguraikan bahwa dalam kajian meta analisis juga melibatkan berbagai sudut pandang dan kosa kata yang kaya bagi para peneliti.

Berdasarkan uraian diatas maka dalam proses melakukan meta analisis ini terlebih dahulu mencari berberapa hasil kajian terkait topik, melalui mesin pencarian google scholar, Web of Science (WOS, Research Gate, Scopus dengan kata kunci : Augemented Reality, Learning Media, Learning Motivation. Kemudian setiap artikel yang diperoleh dari kata kunci tersebut akan dihimpun dan dipelajari hasilnya. Berdasarkan hasil pencarian diperoleh artikel sebanyak 117 hasil bahasan tentang media pembelajaran augmented reality. Untuk mendapatkan informasi yang lebih spesifik tentang dampak media pembelajaran ARLE, analisis kajian dipusatkan pada hasil penelitian quasi eksperimen dengan kelas perlakuan dan kelas kontrol. Dalam hal ini dipilih 20 artikel baik yang hasil penelitiannya berasal dari Indonesia maupun manca negara sebanyak 11 negara diantaranya Veneuzela, Spanyol, Taiwan, United Kingdom, Mexico, Afrika Selatan, Hongkong, Chili, Malaysia, Equador, India.

Tabel 1. Daftar Kajian, Pengkodean, dan Ukuran Efek (*Effect sizes*)

Peneliti	Negara	Total responden	Ukuran Efek
1. Angela Di Serio (2013)	Veneuzela	55	0,21

2. Jorge Bacca (2015)	Spain	26	0,32
3. Chieng-Hsu Chen (2017)	Taiwan	65	0,18
4. Jorge Bacca (2019)	Spain	58	0,19
5. Siti Zarida (2019)	Indonesia	56	0,19
6. Cagdas Erbas (2018)	United Kingdom	40	0,24
7. Maria Blanca Ibarez (2019)	Mexico	48	0,22
8. Tasneem Khan (2019)	Afrika Selatan	156	0,12
9. Cheng-Chang Tsai (2020)	Taiwan	42	0,24
10. Chia-Jung Lee (2021)	Taiwan	70	0,17
11. Luis Laurens-Arredondo (2022)	Chili	96	0,16
12. Angel Lu (2021)	Hongkong	74	0,17
13. Salwa Anuar (2021)	Malaysia	62	0,19
14. Farda Nihayan Naja (2022)	Indonesia	59	0,19
15. AMIRAH SYAFIQAH ANUAR (2022)	Malaysia	59	0,20
16. Diana Guaya (2023)	Ecuador	48	0,22
17. Norhafizah Binti Abdul Rahman (2023)	Malaysia	50	0,20
18. Monica Silva (2023)	Mexico	95	0,15
19. Deepti Prit Kaur (2019)	India	68	0,18
20. Tosti H.C. Chiang (2014)	Taiwan	57	0,20
Rata-rata ukuran efek (UE)			0,20

Menentukan Ukuran Efek (Effect Size). Ukuran efek adalah suatu tolak ukur yang digunakan telah lama sebagai upaya mengevaluasi dampak perlakuan dalam berbagai kajian sistematis, termasuk juga kajian meta analisis. Rumus Glass Delta (Glass, 1976) merupakan rumus umum yang sering digunakan :

$$UE = \frac{\bar{X}_{Eksperimen} - \bar{X}_{Kontrol}}{SD_{Kontrol}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN.

Hasil

Tabel 2. Fixed and Random Effect

Fixed and Random Effects

	Q	df	p
Omnibus test of Model Coefficients	10.483	1	0.001
Test of Residual Heterogeneity	162.216	18	< .001

Note. p-values are approximate.

Note. The model was estimated using Restricted ML method.

Hasil analisis meta menunjukkan bahwa uji Omnibus Model Coefficients menghasilkan nilai Q=10.483 dengan df=1 dan p=0.001, yang mengindikasikan bahwa penggunaan augmented reality (AR) sebagai inovasi dalam pembelajaran di pendidikan kejuruan secara keseluruhan memiliki efek yang signifikan. Namun, uji Test of Residual Heterogeneity menghasilkan Q=162.216 dengan df=18 dan p<0.001, menunjukkan adanya heterogenitas residual yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa variasi dalam data belum sepenuhnya dijelaskan oleh model, sehingga kemungkinan ada faktor-faktor lain, seperti konteks

implementasi AR atau perbedaan dalam pendekatan pembelajaran, yang perlu dipertimbangkan lebih lanjut. Analisis ini dilakukan menggunakan metode Restricted Maximum Likelihood (Restricted ML), dengan nilai ppp bersifat pendekatan.

Tabel 3. Coefficients

Coefficients

	Estimate	Standard Error	z	p	95% Confidence Interval	
					Lower	Upper
Intercept	1.062	0.328	3.238	0.001	0.419	1.704

Note. Wald test.

Tabel koefisien tersebut menyajikan hasil estimasi untuk komponen intersep dari sebuah model regresi, yang signifikansinya diuji menggunakan Wald test. Nilai estimasi untuk intersep tercatat sebesar 1,062 dengan standar eror 0,328. Dari kedua nilai ini, diperoleh statistik z sebesar 3,238, yang kemudian menghasilkan nilai p atau signifikansi sebesar 0,001. Mengacu pada kaidah statistik konvensional, di mana batas kritis signifikansi adalah 0,05, nilai p sebesar 0,001 ini menunjukkan hasil yang sangat signifikan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa nilai intersep secara statistik berbeda nyata dari nol. Temuan ini mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh dasar atau *baseline effect* yang kuat dalam model, bahkan ketika variabel-variabel prediktor lainnya tidak diperhitungkan atau berada pada nilai nol.

Secara interpretatif, nilai intersep sebesar 1,062 ini mewakili *log-odds* dari suatu kejadian atau hasil ketika semua faktor prediktor dalam model bernilai nol. Dengan kata lain, ini adalah titik awal atau kecenderungan dasar dari variabel dependen. Jika dikonversi menjadi rasio odds, nilai ini setara dengan sekitar 2,89, yang berarti bahwa pada kondisi dasar, kemungkinan terjadinya suatu hasil adalah hampir tiga kali lebih besar dibandingkan kemungkinan tidak terjadinya. Keyakinan terhadap temuan ini diperkuat oleh interval kepercayaan 95% yang berkisar antara 0,419 hingga 1,704. Karena rentang interval ini tidak mencakup angka nol, hal ini memberikan bukti tambahan bahwa pengaruh intersep ini nyata dan bukan disebabkan oleh variasi acak semata.

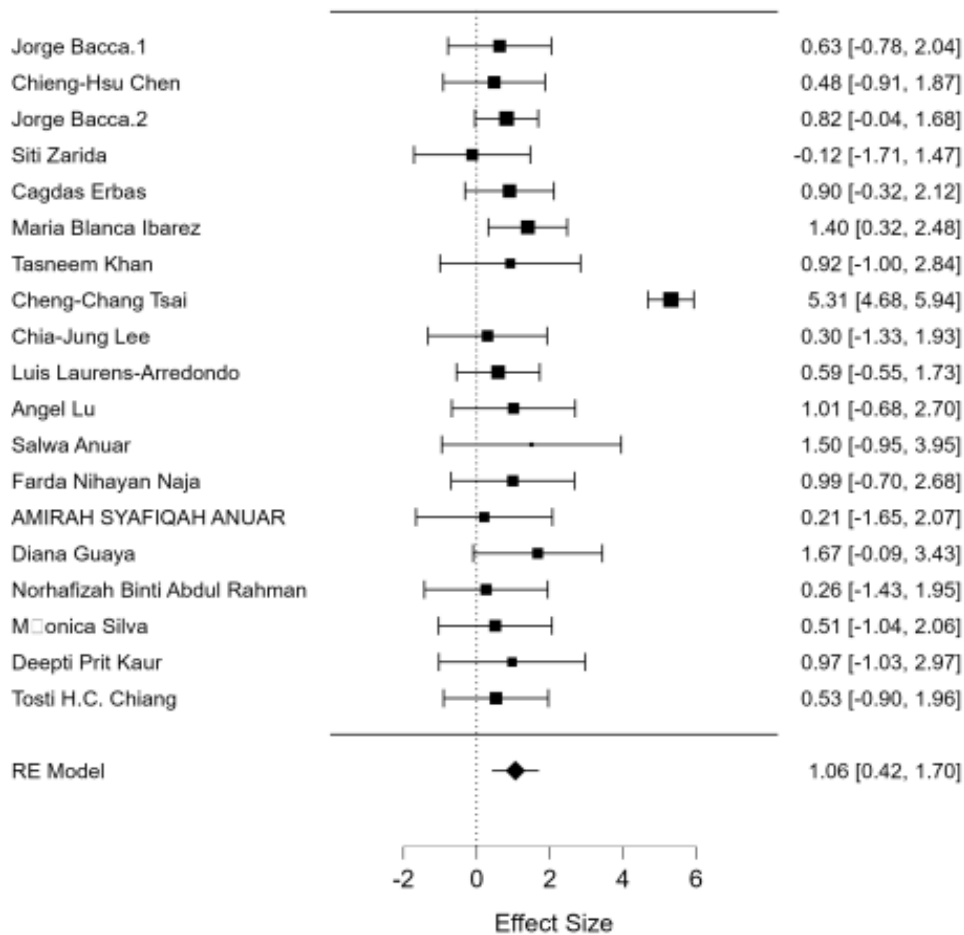
Tabel 4. Regression test

Regression test for Funnel plot asymmetry ("Egger's test")

	z	p
sei	-2.229	0.026

Hasil uji regresi untuk asimetri funnel plot menggunakan Egger's test pada meta-analisis terkait penggunaan augmented reality (AR) dalam pembelajaran di pendidikan kejuruan menunjukkan nilai $z = -2.229$ dengan $p = 0.026$. Nilai ppp yang signifikan ($p < 0.05$) mengindikasikan adanya kemungkinan bias publikasi dalam studi yang dianalisis. Hasil ini menunjukkan bahwa hasil-hasil yang dilaporkan dalam studi cenderung tidak simetris, sehingga diperlukan kehati-hatian dalam menginterpretasikan temuan meta-analisis terkait efektivitas AR di pendidikan kejuruan.

Forest Plot



Gambar 1. Effect Size

Gambar 1 Perhatian siswa dalam pembelajaran AR menunjukkan peningkatan yang signifikan dibandingkan dengan pembelajaran tradisional. Untuk menguji hipotesis nol, peneliti menggunakan model efek acak untuk melakukan meta-analisis karena heterogenitas yang signifikan dalam estimasi ($Q = 162.216$, $P = 0.001$, $I^2 = 75.807$). Hasilnya menunjukkan bahwa pengaruh perhatian siswa dalam pembelajaran AR menunjukkan peningkatan yang signifikan ($d = 1.06$, 95% CI: 0.41-1.70, $z = 3.23$, $p < 0.01$). Selain itu, hasil dari uji funnel menunjukkan bahwa funnel plot tidak menunjukkan bias publikasi. Akibatnya, hipotesis peneliti dapat diterima. Untuk memverifikasi keandalan hasil estimasi, peneliti melakukan analisis keandalan dengan menggunakan program analisis statistik. Hasilnya menunjukkan bahwa penelitian ini dapat diandalkan dan kuat. Hasil akhirnya dirangkum pada Tabel 4.

Pembahasan

Dalam konteks pendidikan kejuruan, penerapan Augmented Reality (AR) sebagai inovasi pembelajaran menunjukkan potensi yang sangat signifikan dalam meningkatkan pengalaman belajar siswa. Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa perhatian siswa dalam pembelajaran berbasis AR mengalami peningkatan yang signifikan dibandingkan dengan metode tradisional. Meta-analisis menggunakan model efek acak, yang mempertimbangkan

heterogenitas dalam estimasi, menunjukkan bahwa pengaruh AR terhadap perhatian siswa memiliki nilai efek sebesar $d = 1.06$, dengan interval kepercayaan 95% antara 0.41 hingga 1.70 (Seidel & Shavelson, 2007). Hasil meta-analisis menunjukkan bahwa penggunaan AR dapat meningkatkan motivasi belajar, pemahaman konsep, keterampilan praktis, serta keterlibatan siswa dalam pembelajaran. Keterlibatan siswa yang tinggi dalam pembelajaran berbasis AR berkorelasi positif dengan motivasi dan minat belajar yang meningkat. Hal ini penting, karena motivasi yang tinggi sering kali berbanding lurus dengan pencapaian akademik yang lebih baik. AR memberikan cara yang inovatif untuk menarik perhatian siswa dan mempertahankan minat mereka selama proses belajar. Selain itu, AR juga mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis dan kreatif, yang merupakan komponen penting dalam pendidikan kejuruan. Dalam dunia yang terus berkembang, keterampilan ini sangat dibutuhkan untuk memecahkan masalah kompleks dan menemukan solusi yang inovatif (Amarullah, 2023; Maharani et al., 2023; Salsabila et al., 2024).

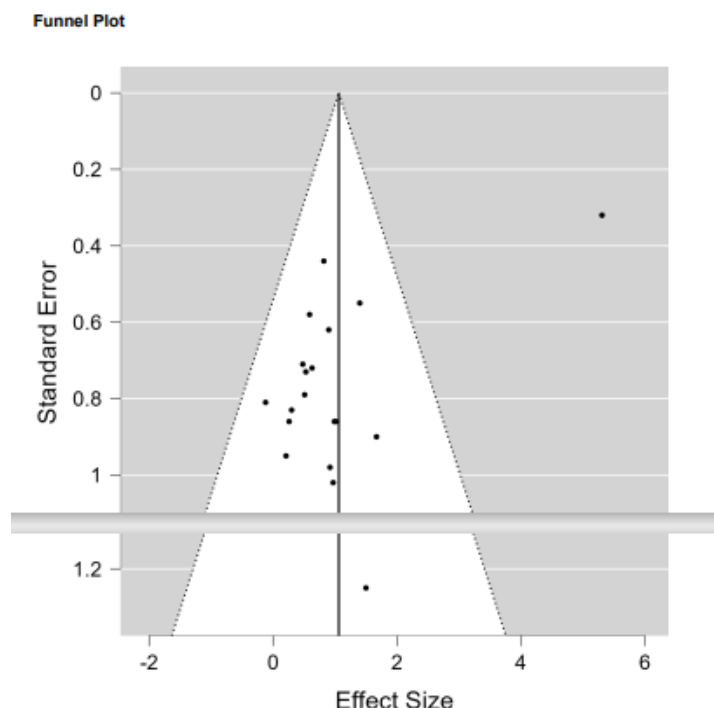
Penerapan AR dalam pendidikan kejuruan sangat relevan dengan kebutuhan industri saat ini, yang menuntut lulusan untuk memiliki keterampilan praktis serta kemampuan untuk beradaptasi dengan teknologi baru. Dengan menggunakan AR, siswa dapat melihat dan berinteraksi dengan objek tiga dimensi yang relevan dengan materi pelajaran, menciptakan pengalaman belajar yang lebih mendalam dan kontekstual. Ketika siswa dapat mengaitkan teori yang dipelajari dengan praktik nyata melalui interaksi langsung, pemahaman mereka tentang materi tersebut menjadi lebih kuat. Namun, tantangan dalam penerapan AR juga perlu diperhatikan, termasuk ketersediaan teknologi, pelatihan guru, dan dukungan institusi. Infrastruktur teknologi yang memadai sangat penting, termasuk akses ke perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk mendukung pembelajaran berbasis AR. Guru juga perlu mendapatkan pelatihan yang cukup agar dapat memanfaatkan AR secara efektif dalam proses pembelajaran. Pelatihan yang mencakup pemahaman tentang AR, cara mengintegrasikannya ke dalam kurikulum, dan strategi untuk mengevaluasi hasil belajar siswa sangat diperlukan (Ariyanti et al., 2024; Isma et al., 2023; Maola et al., 2024; Maulidia & Prafitasari, 2023).

Lembaga pendidikan harus menyediakan sumber daya yang memadai dan pelatihan yang diperlukan bagi pendidik agar mereka dapat memanfaatkan AR secara efektif dalam proses pembelajaran. Ini bukan hanya tentang memberikan alat, tetapi juga memastikan bahwa guru merasa percaya diri dan mampu menggunakan teknologi baru untuk keuntungan siswa. Dukungan yang tepat membuat AR menjadi alat yang sangat efektif dalam mempersiapkan siswa menghadapi tantangan di dunia kerja. Meta-analisis ini menegaskan bahwa AR memiliki potensi besar sebagai inovasi dalam pembelajaran di pendidikan kejuruan, dengan dampak positif yang signifikan terhadap keterlibatan siswa dan hasil belajar. Penelitian menunjukkan bahwa ketika siswa diberikan kesempatan untuk belajar melalui metode yang interaktif dan menarik, mereka lebih mungkin untuk terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran. Dengan demikian, integrasi AR tidak hanya berfokus pada peningkatan hasil belajar, tetapi juga pada pengembangan karakter dan keterampilan siswa yang akan sangat berharga dalam karier mereka di masa depan (Thangavel, 2025; Utami et al., 2025).

Dalam dunia yang semakin didominasi oleh teknologi, kemampuan untuk beradaptasi dan menggunakan alat-alat baru seperti AR akan menjadi nilai tambah yang signifikan bagi lulusan pendidikan kejuruan. Oleh karena itu, institusi pendidikan kejuruan harus terus mengeksplorasi dan mengembangkan cara-cara baru untuk mengintegrasikan AR ke dalam kurikulum. Ini akan memastikan bahwa siswa tidak hanya siap untuk pekerjaan pertama mereka, tetapi juga untuk karier yang sukses dan berkelanjutan. Penting untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang bagaimana AR dapat diterapkan dalam berbagai konteks

Copyright (c) 2025 EDUCATIONAL : Jurnal Inovasi Pendidikan & Pengajaran

pendidikan kejuruan dan mengidentifikasi praktik terbaik yang dapat diadopsi oleh lembaga pendidikan. Dengan perkembangan teknologi yang pesat, lembaga pendidikan harus siap untuk beradaptasi dan mengeksplorasi inovasi baru yang dapat meningkatkan pengalaman belajar siswa, dengan AR sebagai salah satu contohnya. Inovasi semacam ini tidak hanya akan memperkaya pengalaman belajar tetapi juga akan membantu siswa dalam mengembangkan keterampilan yang diperlukan untuk sukses dalam dunia kerja yang semakin kompetitif (Rahayuningsih & Muhtar, 2022; Widodo & Sriyanto, 2022).



Gambar 2. Funnel Plot

Berdasarkan Gambar 2, analisis *funnel plot* digunakan sebagai alat diagnostik visual utama untuk mengidentifikasi potensi bias publikasi dalam kumpulan studi yang ditinjau pada meta-analisis ini. Metode ini bekerja dengan memetakan *effect size* atau besaran efek yang ditemukan dari setiap studi individual pada sumbu horizontal, terhadap ukuran presisi penelitiannya (*standard error*) pada sumbu vertikal. Secara teoretis, dalam ketiadaan bias, sebaran data seharusnya membentuk sebuah corong (funnel) yang simetris mengelilingi garis efek gabungan. Studi dengan presisi tinggi (biasanya sampel besar) akan berada di puncak corong dan berkerumun dekat dengan efek rata-rata, sementara studi berpresisi rendah akan menyebar lebih lebar di dasar corong karena variasi acak yang lebih besar, namun tetap terdistribusi secara seimbang di kedua sisi.

Namun, ketika mengamati plot yang disajikan pada gambar tersebut, terlihat jelas adanya penyimpangan dari bentuk corong simetris yang ideal. Terdapat sebuah asimetri yang nyata, ditandai oleh kekosongan atau kekurangan studi pada area kiri bawah plot. Area ini seharusnya merepresentasikan studi-studi dengan presisi rendah (*standard error* tinggi) yang melaporkan efek negatif atau tidak signifikan secara statistik. Pola asimetris seperti ini merupakan indikasi kuat adanya kemungkinan bias publikasi, atau yang sering disebut *file-drawer problem*. Fenomena ini terjadi ketika studi dengan hasil yang tidak diharapkan atau tidak signifikan cenderung tidak dipublikasikan oleh peneliti atau jurnal, sehingga tidak

terwakili dalam meta-analisis dan berpotensi menyebabkan estimasi efek gabungan yang terlalu optimis atau tidak akurat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil meta-analisis yang komprehensif, dapat disimpulkan bahwa penerapan Augmented Reality (AR) dalam pendidikan kejuruan secara signifikan lebih efektif dibandingkan metode pembelajaran tradisional. Bukti kuat dari temuan ini didukung oleh nilai efek yang substansial, yakni $d = 1.06$, yang menegaskan kemampuan AR dalam meningkatkan motivasi, keterlibatan, dan perhatian siswa secara nyata. Dengan mengintegrasikan elemen virtual ke dalam lingkungan nyata, AR berhasil menciptakan pengalaman belajar yang interaktif dan imersif. Hal ini tidak hanya memperkuat pemahaman siswa terhadap konsep-konsep teoretis, tetapi juga memungkinkan mereka untuk mengasah keterampilan praktis melalui simulasi yang relevan. Kemampuan untuk menghubungkan teori dengan praktik secara langsung ini sangat penting untuk mempersiapkan siswa dengan pemahaman kontekstual yang mendalam sesuai kebutuhan industri modern.

Meskipun demikian, keberhasilan implementasi AR secara luas masih menghadapi tantangan yang signifikan, terutama terkait kebutuhan akan infrastruktur teknologi yang memadai, pelatihan guru yang komprehensif, dan dukungan kelembagaan yang kuat. Oleh karena itu, adopsi AR dalam pendidikan kejuruan harus dipandang bukan sebagai pilihan, melainkan sebagai sebuah kebutuhan mendesak untuk menjaga relevansi dan kualitas pendidikan. Diperlukan sebuah komitmen nyata dari lembaga pendidikan untuk berinvestasi dalam sumber daya dan pengembangan profesional bagi para pendidik. Dengan demikian, AR dapat diintegrasikan secara efektif ke dalam kurikulum, memastikan siswa tidak hanya unggul secara akademis tetapi juga dibekali dengan keterampilan praktis, adaptif, dan berpikir kritis yang sangat dibutuhkan untuk bersaing dan berhasil di era digital dan Industri 4.0.

DAFTAR PUSTAKA

- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Amarullah, A. K. (2023). Kajian literatur dalam menyusun referensi kunci, state of the art, dan keterbaruan penelitian (novelty). *Aktualita*, 13(1). <https://doi.org/10.54459/aktualita.v13i1.527>
- Ariyanti, A., et al. (2024). Urgensi kompetensi pedagogik guru dalam pembelajaran abad ke-21: Studi kritis pedagogik futuristik. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 10(1), 389. <https://doi.org/10.51169/ideguru.v10i1.1417>
- Bacca, J., et al. (2015). Mobile augmented reality in vocational education and training. *Procedia Computer Science*, 75, 49–58. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.203>
- Bacca, J., et al. (2018). Insights into the factors influencing student motivation in augmented reality learning experiences in vocational education and training. *Frontiers in Psychology*, 9(AUG), 1–13.
- Biró, K., et al. (2017). The effects of virtual and augmented learning environments on the learning process in secondary school. *8th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications, CogInfoCom 2017 - Proceedings*, 371–376.
- Cao, W., & Yu, Z. (2023). The impact of augmented reality on student attitudes, motivation, and learning achievements—A meta-analysis (2016–2023). *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1), 1–12.

- Cavallo, A. M. L., & Laubach, T. A. (2001). Students' science perceptions and enrollment decisions in differing learning cycle classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(9), 1029–1062.
- Demitriadou, E., et al. (2020). Comparative evaluation of virtual and augmented reality for teaching mathematics in primary education. *Education and Information Technologies*, 25(1), 381–401. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09973-5>
- Gómez-García, G., et al. (2021). Mobile learning in pre-service teacher education: Perceived usefulness of AR technology in primary education. *Education Sciences*, 11(6).
- Harahap, N. F., et al. (2021). Analisis artikel metode motivasi dan fungsi motivasi belajar siswa. *Indonesian Journal of Intellectual Publication*, 1(3), 198–203.
- Isma, A. et al. (2023). Peta permasalahan pendidikan abad 21 di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Terapan*, 1(3), 11. <https://doi.org/10.61255/jupiter.v1i3.153>
- Laurens-Arredondo, L. (2022). Mobile augmented reality adapted to the ARCS model of motivation: A case study during the COVID-19 pandemic. *Education and Information Technologies*, 27(6), 7927–7946.
- Lee, C. J., & Hsu, Y. (2021). Sustainable education using augmented reality in vocational certification courses. *Sustainability (Switzerland)*, 13(11).
- Maharani, N. I., et al. (2023). The effectiveness of inquiry-based learning instrument to enhance student's critical thinking skills. *Madrasah: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Dasar*, 15(2), 66. <https://doi.org/10.18860/mad.v15i2.18682>
- Maola, P. S., et al. (2024). Penerapan artificial intelligence dalam pendidikan di era Revolusi Industri 4.0. *Educatio*, 19(1), 61. <https://doi.org/10.29408/edc.v19i1.24772>
- Maulidia, F. R., & Prafitasari, A. N. (2023). Strategi pembelajaran berdiferensiasi dalam memenuhi kebutuhan belajar peserta didik. *ScienceEdu*, 6(1), 55. <https://doi.org/10.19184/se.v6i1.40019>
- Nurfaizi, M., et al. (2022). Efektivitas media augmented reality berbasis smartphone terhadap kemampuan komunikasi visual dan motivasi siswa pada pembelajaran biologi. *Biodik: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 8(3), 99–109.
- Omurtak, E., & Zeybek, G. (2022). The effect of augmented reality applications in biology lesson on academic achievement and motivation. *Journal of Education in Science, Environment and Health*.
- Rahayuningsih, Y. S., & Muhtar, T. (2022). Pedagogik digital sebagai upaya untuk meningkatkan kompetensi guru abad 21. *Jurnal Basicedu*, 6(4), 6960. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i4.3433>
- Rambe, R. N. K. (2018). Penerapan strategi index card match untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada mata pelajaran Bahasa Indonesia. *Jurnal Tarbiyah: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 7(1), 93–124.
- Salsabila, T. H., et al. (2024). Meningkatkan efisiensi pengambilan keputusan publik melalui kecerdasan buatan. *Deleted Journal*, 1(2), 21. <https://doi.org/10.47134/pjise.v1i2.2401>
- Santos, M. E. C., et al. (2014). Augmented reality learning experiences: Survey of prototype design and evaluation. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(1), 38–56.
- Seidel, T., & Shavelson, R. J. (2007). Teaching effectiveness research in the past decade: The role of theory and research design in disentangling meta-analysis results. *Review of Educational Research*, 77(4), 454–499.
- Sulaiman, W. I. W., et al. (2011). Learning outside the classroom: Effects on student concentration and interest. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 18, 12–17.

- Thangavel, S. (2025). *Revolutionizing education through augmented reality (AR) and virtual reality (VR): Innovations, challenges and future prospects*. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5195697>
- Tian, K., et al. (2014). Multi-viewpoint smartphone AR-based learning system for solar movement observations. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 8(3), 11–18.
- Utami, D. P., et al. (2025). Pengembangan media pembelajaran interaktif pada materi fotosintesis di kelas IV sekolah dasar. *JAMPARING: Jurnal Akuntansi Manajemen Pariwisata Dan Pembelajaran Konseling*, 3(1), 696. <https://doi.org/10.57235/jamparing.v3i1.5396>
- Widodo, F., & Sriyanto, S. (2022). Model project based learning dalam pembelajaran daring di SMP Negeri 5 Wadaslintang. *Proceedings Series on Social Sciences & Humanities*, 3, 509. <https://doi.org/10.30595/pssh.v3i.320>
- Yildirim, F. S. (2020). The effect of the augmented reality applications in science class on students' cognitive and emotional learning. *Journal of Education in Science, Environment and Health*.
- Zhang, J., et al. (2014). The development and evaluation of an augmented reality-based armillary sphere for astronomical observation instruction. *Computers and Education*, 73, 178–188. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2014.01.003>