



SIGMA DIDAKTIKA: Jurnal Pendidikan Matematika

Journal homepage: <https://ejournal.upi.edu/index.php/SIGMADIDAKTIKA>

META ANALISIS: PENGARUH AUGMENTED REALITY DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS MATEMATIS SISWA DI INDONESIA DALAM 10 TAHUN TERAKHIR

Azizah Fitri Aulia, Dadang Juandi, Endang Cahya Mulyaning A.

^{1,2}Universitas Pendidikan Indonesia

*Correspondence: E-mail: dadang.juandi@upi.edu

A B S T R A K	A R T I C L E I N F O
<p><i>Kemampuan berpikir kritis merupakan kompetensi penting dalam pembelajaran matematika karena membantu siswa menganalisis informasi dan memecahkan masalah secara logis. Namun, hasil berbagai penelitian menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa di Indonesia masih rendah. Salah satu alternatif media yang berpotensi meningkatkan kemampuan tersebut adalah Augmented Reality (AR). Penelitian ini merupakan studi meta-analisis terhadap sembilan penelitian yang membahas pengaruh penggunaan AR dalam pembelajaran matematika terhadap kemampuan berpikir kritis siswa di Indonesia selama 10 tahun terakhir. Analisis dilakukan dengan perangkat lunak Comprehensive Meta-Analysis (CMA) menggunakan model efek acak. Hasil menunjukkan bahwa AR memiliki pengaruh signifikan dengan nilai effect size sebesar 1,379 (kategori sangat tinggi). Variabel moderator jenjang pendidikan berpengaruh signifikan terhadap hasil, sedangkan ukuran sampel, materi, dan sifat intervensi tidak menunjukkan perbedaan yang berarti. Temuan ini menegaskan bahwa AR merupakan media pembelajaran potensial untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis matematis siswa.</i></p>	<p>Article History: Received: 2 September 2025 Revision: 17 Oktober 2025 Accepted: 20 Oktober 2025 Published: 21 Oktober 2025</p> <p>Keywords: Augmented Reality Kemampuan Berpikir Kritis, Meta Analisis,</p>
A B S T R A C T	K a t a K u n c i :
<p><i>Critical thinking is an essential competence in mathematics education, as it enables students to analyze information and solve problems logically. However, numerous studies have shown that Indonesian students' critical thinking skills remain relatively low. One promising instructional medium to enhance these skills is Augmented Reality (AR). This study presents a meta-analysis of nine empirical studies conducted in Indonesia over the past decade, examining the effect of AR-based learning on students' mathematical critical thinking skills. The analysis employed the Comprehensive Meta-Analysis (CMA) software using a random-effects model. The findings indicate that AR has a significant and substantial impact on improving students' critical thinking, with an overall effect size (Hedges' g) of 1.379, categorized as very high. The moderator analysis revealed significant differences based on educational level, while sample size, subject matter, and intervention type showed no significant differences. These results demonstrate that AR is an effective and promising medium for enhancing students' mathematical critical thinking skills in Indonesia.</i></p>	<p>Augmented Reality Critical Thinking Skill Meta Analysis</p>

1. PENDAHULUAN

Matematika merupakan salah satu materi pelajaran yang penting untuk dipahami. Karena matematika mempelajari struktur, pola dan hubungan dari suatu konsep (Khoirunnisa, Arifa, Hidayatullah dan Susilo, 2024). Kemampuan berpikir kritis dapat membantu siswa dalam memahami matematika dan proses dalam pembelajaran matematika melatih kemampuan berpikir kritis (Kurniawati & Ekayanti, 2020). Hal itu karena kemampuan berpikir kritis membuat seseorang dapat menganalisis suatu informasi, memahami pola dan mencari solusi dari suatu permasalahan yang dibutuhkan dalam mempelajari matematika (Rahmaini & Chandra, 2024). Washua (2021) menyatakan bahwa berpikir kritis merupakan proses berpikir dengan mempertanyakan kembali kebenaran dari suatu fakta, gagasan maupun hubungan antar ide. Selain itu, kemampuan berpikir kritis merupakan kemampuan yang menjadi pembeda antara manusia dan mesin terutama pada era revolusi industri di mana peran manusia dianggap dapat digantikan dengan mesin (Rahardian, 2022). Hal itu karena kemampuan berpikir kritis membuat seseorang dapat menganalisis suatu informasi, memahami pola dan mencari solusi dari suatu permasalahan (Rahmaini & Chandra, 2024).

Sayangnya, kemampuan berpikir kritis siswa di Indonesia masih tergolong rendah berdasarkan berbagai penelitian. Lestari dan Roesdiana (2021) dalam penelitiannya terhadap 36 siswa kelas VII di sebuah SMP di Karawang Barat menunjukkan bahwa 80,55% siswa masih tergolong dalam kategori sangat kurang, 19,44% cukup, dan tidak ada siswa yang tergolong dalam kategori baik dan sangat baik. Temuan serupa yang diperoleh Anggraini, Siagian dan Agustina (2022) juga menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis yang dimiliki 21 dari 30 siswa kelas VIII di salah satu sekolah di kota

Bengkulu masih termasuk kategori rendah. Selain itu, penelitian Benyamin, Qohar dan Sulandra (2021) juga mengonfirmasi hal ini dengan temuan berupa 43,01% siswa kelas X yang menjadi subjek penelitiannya masih berada pada level rendah. Demikian pula, Rosliani dan Munandar (2022), yang menemukan bahwa terdapat 10 dari 20 siswa kelas VII termasuk ke dalam kategori rendah dan semakin diperkuat oleh Mendri, Retta dan Syaflin (2023) yang juga melaporkan bahwa 14 dari 31 siswa SD di daerah Talang Kelapa masuk ke dalam kemampuan berpikir kritis kategori rendah. Dari temuan-temuan yang telah dipaparkan, dapat disimpulkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa di Indonesia secara umum masih berada dalam kategori rendah sehingga diperlukan suatu upaya untuk meningkatkannya.

Rendahnya kemampuan berpikir kritis siswa dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu siswa masih kurang aktif dalam pembelajaran dan hanya mendengarkan apa yang disampaikan guru tanpa dianalisis, dikritik ataupun dievaluasi (Arif, Zenuri, & Cahyono, 2020). Padahal minat belajar seperti perasaan senang, tertarik dan bagaimana siswa terlibat dalam pelajaran merupakan faktor yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis (Fachrunnisa, Sumanji & Purwaningrum, 2024). Pemahaman konsep juga memiliki hubungan dengan kemampuan berpikir kritis yaitu semakin tinggi siswa memahami konsep matematika maka kemampuan berpikir kritisnya juga akan semakin baik (Kowiyah, Konita & Andyra, 2024). Namun, guru masih belum menggunakan media pembelajaran yang inovatif sehingga siswa cenderung hanya menyimak dan menyalin tulisan yang mana menyebabkan siswa pada akhirnya kurang memahami materi dan hanya menghafal rumus (Ratnawati, Handayani & Hadi, 2020). Kondisi tersebut menunjukkan perlunya media pembelajaran inovatif yang mampu meningkatkan keterlibatan dan menstimulasi kemampuan berpikir kritis siswa.

Pemanfaatan teknologi interaktif merupakan salah satu cara yang cukup baik untuk meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran sehingga merangsang kemampuan berpikir kritis siswa (Kusuma, Handayani & Rakhmawati, 2024). *Augmented reality* (AR) merupakan salah satu media pembelajaran yang mendukung interaksi dinamis antara guru dan siswa sehingga dapat membuat siswa terlibat dalam pembelajaran, membantu siswa untuk memahami konsep yang cukup kompleks, dan memberi pengalaman yang menarik ketika belajar (Ridlwaniyyah, Zaenuri & Walid, 2025). Hal tersebut dikarenakan penggunaan AR membuat minat belajar siswa yang meningkat (Rachim, Salim dan Qomario, 2024). Selain itu, AR membantu mengatasi kekurangan dari buku teks yang hanya menyediakan gambar statis yang tidak bisa memberi gambaran lengkap sehingga siswa kesulitan dalam memahami materi (Dendodi, Simarona, Elpin, Bahari & Warneri, 2024). Hal itu bisa terjadi karena otak manusia 60.000 kali lebih cepat dalam memproses gambar atau visual jika dibandingkan dengan tulisan (Kurniawan & Fahriansyah, 2023). Dengan begitu, AR dapat menjadi salah satu alternatif media pembelajaran yang kemungkinan bisa digunakan oleh guru dalam pembelajaran matematika di sekolah untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis matematis siswa.

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan, perlu adanya kajian mendalam terkait penggunaan AR terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis dari penelitian-penelitian terdahulu untuk mengetahui bagaimana pengaruhnya secara keseluruhan dan faktor apa saja yang memidu perbedaan pengaruh pada setiap studi primer yang dianalisis. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk melakukan meta analisis pengaruh AR terhadap kemampuan berpikir kritis siswa di Indonesia.

METODE

Penelitian ini merupakan studi meta analisis yang mengkaji penelitian-penelitian terdahulu terkait pengaruh *Augmented Reality* (AR) terhadap kemampuan berpikir kritis siswa di Indonesia. Selain itu, penelitian ini juga mengkaji perbedaan pengaruh AR terhadap kemampuan berpikir kritis ditinjau dari variabel moderator berdasarkan terkait jenjang pendidikan, ukuran sampel dan materi pelajaran dan sifat intervensinya. Populasi pada penelitian ini adalah seluruh penelitian terdahulu tentang pengaruh AR terhadap kemampuan berpikir kritis siswa di Indonesia sedangkan sampelnya merupakan seluruh penelitian terdahulu yang terpublikasi dan sesuai dengan kriteria inklusi. Kriteria inklusi yang ditentukan adalah (1) studi primer merupakan penelitian tentang peningkatan kemampuan berpikir kritis matematis siswa setelah menggunakan AR; (2) merupakan penelitian dengan metode eksperimen atau kuasi eksperimen yang memiliki kelas eksperimen dan kontrol; (3) Merupakan penelitian yang diterbitkan tahun 2016-2025 pada artikel, prosiding, laporan penelitian maupun tugas akhir dan dapat diakses secara penuh; (4) merupakan penelitian yang menyediakan seluruh data statistik *effect size* yang dibutuhkan; (5) memuat informasi terkait jenjang pendidikan, ukuran sampel dan materi pelajaran dan sifat intervensinya. Studi primer dikumpulkan dengan menelusuri menggunakan kombinasi kata kunci yang sesuai dengan topik yang akan diteliti melalui *database* elektronik seperti *google scholar*, ERIC, DOAJ, dan lain-lain. Setelah itu, semua penelitian yang ditemukan diseleksi berdasarkan kriteria inklusi yang telah ditentukan sebelumnya. Berikut hasil pengumpulan data yang telah dilakukan. Pada proses pencarian, ditemukan sebanyak 44 penelitian terdahulu yang relevan. Akan tetapi, hanya terdapat 9 studi primer yang sesuai dengan kriteria inklusi dan akan melalui proses pengkodean sebelum dianalisis

Data yang telah melalui proses pengkodean kemudian dimasukkan ke aplikasi *software Comprehensive Meta-Analysis* (CMA) sehingga diketahui *effect size* setiap studinya. Model efek acak dipilih karena data bersifat heterogen, sebagaimana dibuktikan oleh nilai Q dan I^2 yang tinggi. Nilai *effect size* dihitung dengan menggunakan rumus Hedges' g . Interpretasi hasil *effect size* mengacu pada Thalheimer dan Cook (2002) yang membaginya menjadi 5 klasifikasi sebagai berikut.

Tabel 1. Interpretasi *Effect Size*

Rentang <i>Effect Size</i>	Interpretasi
$0,015 \leq g < 0,15$	Tidak ada level
$0,15 \leq g < 0,40$	Efek rendah
$0,40 \leq g < 0,75$	Efek sedang
$0,75 \leq g < 1,10$	Efek tinggi
$1,10 \leq g < 1,45$	Efek sangat tinggi
$g \geq 1,45$	Efek sangat baik

Dari *effect size* setiap studi tersebut, akan diperiksa apakah terdapat indikasi bias publikasi menggunakan *funnel plot* yang jika persebaran *effect size*-nya tidak simetris artinya terdapat indikasi bias publikasi. Kemudian, dilakukan juga *fill and trim* dan *fail-safe N*. Setelah terbukti tidak terdapat bias publikasi, Kemudian diperiksa heterogenitas datanya menggunakan statistik Q yaitu dengan menghitung nilai Q kemudian dibandingkan dengan distribusi *Chi-Square* dengan derajat kebebasan (df) = jumlah studi – 1. Dari sana, didapatkan *p-value* yang jika kurang dari 0,05 artinya terdapat perbedaan yang nyata antar studi.. Kemudian dilihat juga statistik I^2 yang mana jika nilainya $25\% \leq I^2 \leq 50\%$ artinya heterogenitas rendah, $50\% < I^2 < 75\%$ artinya heterogenitas sedang dan jika nilainya 75% ke atas artinya heterogenitas tinggi. Apabila data tidak heterogen, *effect size* keseluruhan dihitung menggunakan model estimasi tetap sedangkan jika heterogen menggunakan model estimasi efek acak dan akan dilakukan analisis berdasarkan variabel moderatornya

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini, dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh *augmented reality* terhadap kemampuan berpikir kritis siswa secara keseluruhan dari studi-studi yang telah dilakukan sebelumnya. Berikut merupakan daftar studi dan hasil perhitungan *effect size* setiap studi setelah data hasil ekstraksi dimasukkan ke aplikasi *software Comprehensive Meta-Analysis (CMA)*.

Tabel 2. *Effect Size* setiap Studi Terinklusi

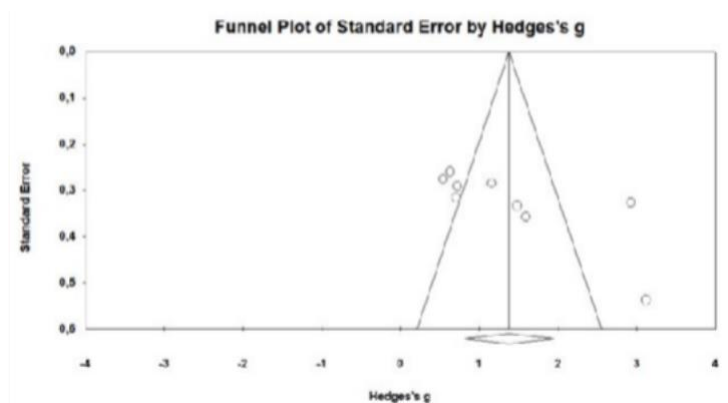
Kode	Sitasi	Hedges' g	Interpretasi
SP01	Azizah, 2024	0,705	Efek Sedang
SP02	Sari dkk., 2024	1,155	Efek Sangat Tinggi
SP03	Angraini dkk., 2022	3,119	Efek Sangat Baik
SP04	Rini dkk., 2025	1,481	Efek Sangat Tinggi
SP05	Nofyanti & Andrijati, 2024	0,542	Efek Sedang
SP06	Saki dkk. 2025	0,720	Efek Sedang
SP07	Akbar dkk., 2025	0,634	Efek Sedang
SP08	Anggraini dkk., 2024	1,593	Efek Sangat Baik
SP09	Hanggara dkk., 2024	2,927	Efek Sangat Baik

Seperti informasi yang ditampilkan pada tabel 2, dapat dilihat bahwa terdapat 4 studi primer dengan *effect size* yang termasuk kategori efek sedang yaitu SP01, SP05, SP06 dan SP07. Untuk kategori sangat baik, terdapat 3 studi primer yaitu SP03, SP08 dan SP09. Sedangkan untuk kategori sangat tinggi terdapat 2 studi primer yaitu SP02 dan SP04.

Dari perhitungan *effect size* setiap studi ini, terlihat bahwa pengaruh AR terhadap kemampuan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran matematika di Indonesia masih memiliki hasil interpretasi yang berbeda-beda. Hal ini memperkuat alasan perlunya dilakukan meta analisis pada topik ini sebagai klarifikasi bagaimana pengaruh AR terhadap kemampuan berpikir kritis siswa seperti yang dikemukakan Ntais dan Talias (2024) yaitu meningkatkan kekuatan statistik karena mencangkup data yang lebih banyak

dan memberikan bukti sintesis yang komprehensif serta menemukan hasil sintesis dari penelitian terdahulu yang masih beragam.

Selanjutnya, akan diselidiki apakah terdapat bias pada data yang dianalisis dengan melakukan uji bias publikasi. Pada penelitian ini, dilakukan 3 tahap uji bias publikasi yaitu *funnel Plot*, *trim and fill* dan *fail-safe N*. Uji yang dilakukan pertama kali adalah *funnel plot* untuk melihat persebaran *effect size*. Hasil uji *funnel plot* dapat dilihat dalam gambar berikut.



Gambar 1. Hasil Uji *Funnel Plot*

Effect size setiap studi pada gambar 1, ditandai dengan lingkaran-lingkaran yang tersebar pada diagram corong. Berdasarkan gambar tersebut, dapat dilihat bahwa persebaran *effect size* setiap studi asimetrik yang menandakan adanya indikasi bias publikasi. Oleh karenanya, uji bias publikasi perlu dilanjutkan dengan melakukan *trim and fill* dan *fail-safe N* untuk membuktikan keberadaan bias tersebut. Berikut merupakan hasil uji *fill and trim*.

Tabel 3. Hasil Uji *Fill and Trim*

	Jumlah studi di Trim	Hedges' g	Batas Bawah	Batas Atas	Nilai Q
Nilai Terobservasi	0	1,37875	0,81858	1,93892	58,31512
Nilai Disesuaikan		1,37875	0,81858	1,93892	58,31512

Berdasarkan tabel 3 yang telah disajikan, hasil uji *fill and trim* yang tertera menunjukkan bahwa tidak ada studi yang ditrim atau dengan kata lain dibuang. Hal tersebut membuktikan tidak adanya bias publikasi yang mengharuskan adanya penyesuaian terhadap data. Selanjutnya, hasil uji *fail-safe N* akan ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 4. Hasil Uji Fail-Safe N

<i>Classical Fail-Safe N</i>	
Nilai Z untuk studi-studi yang terobservasi	12,27962
Nilai P untuk studi-studi yang terobservasi	0,00000
<i>Alpha</i>	0,05000
Z untuk <i>Alpha</i>	1,95996
Banyak data <i>Effect Size</i> (k)	9
Nilai N_R	345

Mengacu pada nilai yang didapatkan dari hasil uji yang sudah dilakukan pada tabel 4, karena $5k + 10 = 5(9) + 10 = 55$, maka $N_R > 5k + 10$. Artinya, hasil meta analisis akan tergolong kuat terhadap kemungkinan terjadinya bias.

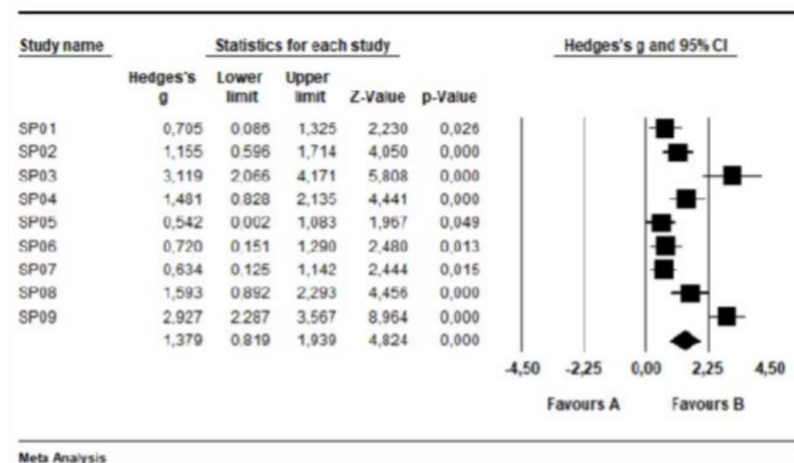
Setelah data yang terkumpul terbukti bebas dari bias publikasi, akan dihitung bagaimana pengaruh AR terhadap kemampuan berpikir kritis siswa secara menyeluruh. Untuk itu, perlu dilakukan uji heterogenitas terlebih dahulu untuk menentukan apakah meta analisis ini menggunakan model efek acak atau model efek tetap. Berikut hasil perhitungan uji heterogenitasnya.

Heterogeneity			
Q-value	df (Q)	P-value	I-squared
58,315	8	0,000	86,281

Gambar 2. Hasil Uji Heterogenitas

Berdasarkan hasil yang terdapat pada gambar 2, dapat dilihat bahwa dari hasil uji

statistik Q diperoleh nilai Q 58,315 sehingga didapatkan p -value sebesar 0,000. Karena $p < 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa data yang digunakan dalam meta analisis ini bersifat heterogen sehingga model yang dipilih adalah model efek acak atau *random effect model*. Selain itu, berdasarkan hasil uji I^2 , didapat nilai I^2 sebesar 86,281% yang termasuk kategori tinggi. Artinya, perbedaan yang terjadi pada studi primer merupakan perbedaan yang nyata dan bukan kesalahan acak. . Tingginya heterogenitas data, memperkuat alasan perlunya dilakukan analisis data dengan meninjau variabel moderatornya untuk mengetahui penyebab heterogenitas tersebut. Selanjutnya, hasil penghitungan *effect size* gabungan menggunakan efek model acak adalah sebagai berikut.



Gambar 3. Hasil Perhitungan *Effect Size* Gabungan

Sebagaimana hasil analisis yang ditampilkan pada gambar 3, tercatat bahwa nilai *effect size* gabungan yang didapat sebesar 1,379 yang artinya termasuk ke dalam kategori efek sangat tinggi. Dari keseluruhan studi, batas atasnya 0,819 dan batas bawahnya 1,939. Selain itu diperoleh p -value sebesar 0,000 yang artinya $p < 0,05$. Dengan begitu, dapat disimpulkan bahwa penggunaan AR memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa di Indonesia.

Hasil tersebut didukung oleh penelitian meta analisis yang dilakukan kusumaningrum dkk. (2025) terkait efektivitas AR dalam meningkatkan kemampuan

berpikir kritis siswa dalam pembelajaran IPA yang juga menyatakan bahwa AR secara signifikan meningkatkan hasil belajar dalam aspek berpikir kritis. Hal ini bisa terjadi dikarenakan AR dapat memberi pengalaman belajar yang menyenangkan dengan menyediakan visualisasi yang menarik perhatian siswa dan membuat siswa dapat terlibat langsung dalam pembelajaran (Tasya'ah, Fadhilah, Khanifah & Zulfahmi, 2025). Karenanya, penggunaan AR dapat meningkatkan motivasi siswa dalam proses belajar (Zulfahmi & Wibawa, 2020) Kelebihan tersebut dapat menjadi solusi dari masalah yang terjadi sebagai faktor yang mempengaruhi kemampuan berpikir kritis siswa yaitu keterlibatan siswa dalam pembelajaran sehingga kemampuan berpikir kritis siswa dapat meningkat. Lebih lanjut, dilakukan analisis dengan meninjau setiap variabel moderator yang telah ditentukan sebelumnya yaitu jenjang, ukuran sampel, materi dan sifat intervensinya dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil Analisis Seluruh Variabel Moderator

Variabel Moderator	Grup	Jumlah Studi	Hedges' g	Test of Null (2-Tail)		Heterogenitas		
				Z	P	Q	Df(Q)	P
Jenjang	SD	7	0,936	6,441	0,000	31,800	1	0,000
	SMP	2	2,989	8,954	0,000			
Ukuran Sampel	Besar (>30)	2	1,752	2,792	0,005	0,448	1	0,503
	Kecil (≤30)	7	1,273	3,720	0,000			
Materi	Bangun Ruang	7	1,304	4,365	0,000	4,927	2	0,085
	Penyajian Data	1	0,542	0,698	0,485			
	Bangun Datar	1	3,119	3,451	0,001			
Sifat Intervensi	Murni AR	6	1,682	4,815	0,000	2,199	1	0,138
	Tidak Murni	3	0,801	1,666	0,096			

Data yang tertera pada tabel 5 menunjukkan bahwa hanya variabel moderator jenjang yang memperoleh $p < 0,05$ yaitu sebesar 0,000. Artinya, terdapat perbedaan pengaruh AR terhadap kemampuan berpikir kritis siswa jika ditinjau dari jenjangnya. Namun, tidak terdapat perbedaan yang signifikan untuk variabel moderator, ukuran sampel, materi dan sifat intervensinya.

Variabel moderator yang akan dibahas pertama adalah jenjang pendidikan. Jenjang pendidikan dipilih sebagai variabel moderator karena mempertimbangkan karakteristik siswa yang berbeda pada setiap jenjangnya. Pembagian kelompok variabel moderator jenjang mengikuti sistem jenjang di Indonesia yaitu SD/ sederajat, SMP/ sederajat dan SMA/ sederajat. Akan tetapi, dari seluruh studi primer yang terinklusi dalam penelitian ini, tidak ada studi primer yang meneliti pengaruh AR terhadap kemampuan berpikir kritis siswa di jenjang SMA sehingga hanya terdapat 2 kelompok kategori yang akan dianalisis untuk variabel moderator jenjang yaitu SD dan SMP. Kelompok SD berisi sebanyak 7 studi primer sedangkan kelompok SMP berisi sebanyak 2 studi primer.

First name et al., 2023 | 448

Hasil analisis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa variabel moderator jenjang merupakan salah satu penyebab heterogenitas pada *effect size* pengaruh AR terhadap kemampuan berpikir kritis secara keseluruhan. Hal tersebut juga menandakan bahwa terdapat perbedaan pengaruh antara penggunaan AR pada jenjang SD dan penggunaan AR pada jenjang SMP. Temuan ini sejalan dengan penelitian meta analisis yang mengkaji pengaruh *discovery learning* berbantuan *geogebra* terhadap kemampuan berpikir kritis siswa yang dilakukan oleh Anjarwanti dkk. (2022) yang hasil analisis variabel moderator berdasarkan jenjangnya juga menunjukkan hasil yang sama.

Secara statistik, kedua kelompok baik SD maupun SMP memiliki pengaruh penggunaan AR yang signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Namun, *effect size* untuk kelompok SD tergolong efek tinggi sedangkan kelompok SMP memperoleh *effect size* lebih tinggi dengan kategori efek sangat baik. Dengan begitu,

dapat disimpulkan bahwa AR memiliki pengaruh lebih besar pada siswa SMP dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Hasil ini sesuai dengan pernyataan Juwanda dkk. (2025), yang menyatakan bahwa multimedia interaktif lebih efektif digunakan pada siswa dengan jenjang lebih tinggi yang mana dalam penelitian ini siswa SMP atau sederajat lebih tinggi jenjangnya jika dibandingkan dengan jenjang SD atau sederajat.

Selanjutnya untuk variabel moderator ukuran sampel dibagi menjadi 2 kelompok berdasarkan ukuran sampel kelas eksperimennya. Kelompok kecil merupakan kelompok yang berisi studi primer dengan ukuran sampel kelas eksperimen kurang dari 30 sedangkan kelompok besar berisi studi primer yang ukuran sampel kelas eksperimennya berisi 30 siswa atau lebih. Pembagian kelompok ukuran sampel ini mengacu pada batas praktis yang umum digunakan dalam statistik yang mana ukuran sampel dengan jumlah lebih dari 30 dianggap mendekati distribusi normal. Berdasarkan pembagian kelompok ukuran sampel, kelompok besar berisi 2 studi primer sedangkan kelompok kecil terdiri dari 7 studi primer.

Hasil uji statistik z pada kedua kelompok juga menghasilkan *p-value* kurang dari 0,05 yang artinya AR memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa baik di kelas dengan ukuran sampel kecil maupun ukuran sampel besar. Hal ini sejalan dengan hasil uji heterogenitas untuk variabel moderator ukuran sampel yaitu *p-value* sebesar 0,503 dengan $p > 0,05$, yang artinya ukuran sampel bukan menjadi penyebab data heterogen atau dengan kata lain tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara *effect size* kelompok ukuran sampel kecil dan kelompok ukuran sampel besar. Hal ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan Anjarwati dkk. (2022). terkait pengaruh model pembelajaran *discovery learning* dengan menggunakan bantuan aplikasi *geogebra*

terhadap kemampuan berpikir kritis matematis siswa yang menemukan bahwa ukuran sampel juga bukan merupakan penyebab heterogenitas data.

Variabel moderator yang dianalisis selanjutnya adalah materi. Studi primer dikelompokkan berdasarkan materi yang diajarkan menggunakan media AR. Terdapat 7 studi primer yang melakukan penelitian terkait pengaruh AR terhadap kemampuan berpikir kritis dalam materi terkait bangun ruang, 1 studi primer terinklusi yang materinya penyajian data, dan 1 studi primer lainnya menggunakan AR dalam materi bangun datar. Karena kelompok bangun datar dan kelompok penyajian data hanya berisi 1 studi primer maka kedua kelompok tersebut tidak bisa dianalisis lebih lanjut dan dibandingkan secara statistik. Dengan begitu, hanya tersisa kelompok bangun ruang dan hasil uji heterogenitas tidak memadai untuk dilakukan. Akibatnya, perlu adanya analisis lebih lanjut terkait penggunaan AR terhadap kemampuan berpikir kritis siswa pada materi lainnya untuk memperluas dan memperkuat pemahaman terkait topik ini. Selain itu, hasil yang dapat disimpulkan hanya analisis pada kelompok bangun ruang yaitu terdapat pengaruh yang signifikan pada penggunaan AR terhadap kemampuan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran matematika materi bangun ruang. Hal ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan Rafiko, Sunardi, Muntahanah dan Hidayah (2022) dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa 85% guru merasa bahwa penggunaan AR pada materi bangun ruang 3D dapat meningkatkan pemahaman siswa terkait materi ini. Karena, siswa memahami konsep matematika maka kemampuan berpikir kritisnya juga akan semakin baik (Kowiyah, Konita & Andyra, 2024).

Untuk analisis variabel moderator berdasarkan sifat intervensi yang dilakukan pada studi primer terinklusi, terdapat 6 studi primer yang sifat intervensinya murni AR dan 3 studi primer yang sifat intervensinya tidak murni AR. Murni AR yang dimaksud adalah perbedaan perlakuan kepada kelas kontrol dan eksperimen hanya terdapat pada

penggunaan AR sedangkan maksud dari sifat intervensi tidak murni AR adalah terdapat intervensi selain AR seperti model pembelajaran yang menjadi pembeda antara kelas kontrol dan eksperimen pada studi primer.

Berdasarkan hasil analisis *effect size* tiap kelompok pada variabel moderator sifat intervensi, terungkap tidak terdapat perbedaan signifikan antara pengaruh AR terhadap kemampuan berpikir kritis siswa yang sifat intervensinya murni AR dan yang tidak murni AR. Artinya, walaupun terdapat perbedaan pengaruh antara kelompok yang mendapat intervensi AR murni dan tidak murni AR, perbedaannya tidak terlalu signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa dengan atau tanpa digunakannya model pembelajaran, penggunaan AR tetap dapat membantu siswa dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritisnya karena AR membantu mengembangkan keterampilan intelektual dengan mengonstruksi pemahaman dari gambar yang ditampilkan (Ridlwaniyyah dkk., 2025).

KESIMPULAN

Hasil analisis data pada penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh signifikan dari penggunaan AR terhadap kemampuan berpikir kritis siswa secara keseluruhan dengan *effect size* sebesar 1,379 yang termasuk ke dalam kategori tertinggi yaitu efek sangat baik. Kemudian, berdasarkan hasil analisis berdasarkan variabel moderator, dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan pengaruh yang signifikan pada kelompok jenjang, sedangkan tidak terdapat perbedaan pengaruh yang signifikan pada ukuran sampel, dan sifat intervensinya. Untuk variabel moderator materi hasil analisis tidak dapat ditarik kesimpulan yang valid karena hanya kelompok bangun ruang yang studi primernya mencukupi untuk dianalisis lebih lanjut yang mana diketahui penggunaan AR pada materi bangun ruang dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa secara signifikan.

Hasil ini menegaskan bahwa AR merupakan media pembelajaran potensial untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis, terutama pada jenjang SMP. Implikasi praktis penelitian ini adalah perlunya pengintegrasian AR dalam pembelajaran matematika melalui desain aktivitas berbasis eksplorasi visual dan problem solving. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas jumlah studi primer pada jenjang SMA serta mengeksplorasi kombinasi AR dengan model pembelajaran inovatif lain seperti Project-Based Learning atau Inquiry-Based Learning.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, N. P., Siagian, T. A., & Agustinsa, R. (2022). Analisis Kemampuan berpikir Kritis Matematis Siswa dalam Menyelesaikan Soal Berbasis AKM. *ALGORITMA: Journal of Mathematics Education*, 4(1), 58–78.
- Anjarwati, D., Juandi, D., Nurlaelah, E., & Hasanah, A. (2022). Studi Meta-Analisis: Pengaruh Model Discovery Learning Berbantuan Geogebra Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(3), 2417–2427.
- Benyamin, B., Qohar, Abd., & Sulandra, I. M. (2021). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Kelas X Dalam Memecahkan Masalah SPLTV. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(2), 909–922.
- Dendodi, D., Simarona, N., Elpin, A., Bahari, Y., & Warneri, W. (2024). Analisis Penerapan Augmented Reality dalam Meningkatkan Efektifitas Pembelajaran Sains di Era Digital. *ALACRITY : Journal of Education*, 293–304.
- Fachrunnisa, I. N. D., Purwaningrum, J. P., & Sumanji. (2024). Profil Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Ditinjau dari Minat Belajar. *MODELING: Jurnal Program Studi PGMI*, 11(1).
- Khoirunnisa, N., Arifa, D., Hidayatullah, S., & Susilo, B. E. (2024). Kajian Literatur Model: Pembelajaran Inkuiri sebagai Strategi Efektif dalam Pembelajaran Matematika untuk Merangsang Berpikir Kritis. *PRISMA*, 744–751.
- Kowiyah, K., Konita, A., & Andyra, R. (2024). Hubungan Pemahaman Konsep Matematis dengan Kemampuan Berpikir Kritis Matematika Siswa. *Indonesian Journal of Elementary Education (IJOEE)*, 6(1), 71.
- Kurniawan, M. R., & Fahriansyah, E. (2023). *Perancangan komunikasi visual Brand Identity Nela Tenun Songket Pandai Sikek* (Vol. 01, Issue 01).
- Kurniawati, D., Ekayanti, A., Keguruan, F., Pendidikanuniversitas, I., & Ponorogo, M. (2020). *Pentingnya Berpikir Kritis dalam Pembelajaran Matematika*.
- Kusuma, E. S. J., Handayani, A., & Rakhmawati, D. (2024). Pentingnya Pengembangan Kemampuan Berpikir Kritis pada Siswa Sekolah Dasar : Sebuah Tinjauan Literatur. *Wawasan Pendidikan*, 4(2), 369–379.

- Kusumaningrum, B. D., Hayat, M. S., & Sumarno. (2025). The Future of Science Learning: Meta-Analysis of the Effectiveness of Augmented Reality in Enhancing Critical Thinking. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(5), 1055–1062.
- Lestari, S. S. D., & Roesdiana, L. (2021). Analisis Kemampuan Berpikir kritis Matematis pada Materi Himpunan. *MAJU*, 8(1), 82–90.
- Mendri, M. A., Retta, A. M., & Syaflin, S. L. (2023). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa dalam Menyelesaikan Soal Matematika Kelas IV SD Negeri 6 Talang Kelapa. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 8(2), 365–376.
- Ntais, C., & Talias, M. A. (2024). Unveiling the Value of Meta-Analysis in Disease Prevention and Control: A Comprehensive Review. *Medicina*, 60(10), 1629.
- Rachim, M. R., Salim, A., & Qomario, Q. (2024). Pemanfaatan Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Terhadap Keaktifan Belajar Siswa Dalam Pendidikan Modern. *Jurnal Riset Dan Inovasi Pembelajaran*, 4(1), 594–605.
- Rahmaini, N., & Chandra, S. O. (2024). Pentingnya Berpikir Kritis Dalam Pembelajaran Matematika. *Maret 2024 Journal of Mathematics Education and Application*, 4(1).
- Ratnawati, D., Handayani, I., & Hadi, W. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran Pbl Berbantu Question Card Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa Smp. *Edumatica : Jurnal Pendidikan Matematika* 10(01), 44-51.
- Renal Rafiko, M., Sunardi, D., Muntahanah, & Hidayah, A. K. (2022). Pembelajaran Bangun Ruang Berbasis Augmented Reality dengan Menggunakan Marker AR. *JOURNAL INNOVATION INFORMATICS(JII)*, 1(3), 152–159.
- Ridlwaniyyah, N., Zaenuri, Z., & Walid, W. (2025). Efektivitas Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Mata Pelajaran Matematika. *Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 8, 242–247.
- Roslioni, V. D., & Munandar, D. R. (2022). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa Kelas VII Pada Materi Pecahan. *Jurnal Educatio FKIP UNMA*, 8(2), 401–409.
- Sofri Fikri Arif, D., & Nur Cahyono, A. (2020). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Pada Model Problem Based Learning (PBL) Berbantu Media Pembelajaran Interaktif dan Google Classroom.
- Tasya'ah Tasya'ah, Risyda Dzul Fadlilah, Marsanda Dwi Khanifah, & Muhammad Nofan Zulfahmi. (2025). Pemanfaatan Media Interaktif Berbasis Augmented Reality dalam Pembelajaran Topik Klasifikasi Hewan Berdasarkan Makanan. *Morfologi: Jurnal Ilmu Pendidikan, Bahasa, Sastra Dan Budaya*, 3(1), 161–170.
- Thalheimer, W., & Cook, S. (2002). *How to calculate effect sizes from published research: A simplified methodology* WORK-LEARNING RESEARCH. www.work-learning.com
- Wasahua, S. (2021). Konsep Pengembangan Berpikir Kritis dan Berpikir Kreatif Peserta Didik di Sekolah Dasar. *Jurnal Horizon Pendidikan*, 16, 72–82.
- Zulfahmi, M., & Wibawa, S. C. (2020). Potensi Pemanfaatan Augmented Reality sebagai Media Pembelajaran terhadap Motivasi Belajar. *Jurnal IT-EDU*, 5(1), 334–343.