



The effect of augmented reality on students' spatial abilities in mathematics learning: A systematic literature review

Afdar Rizki Nabila¹*, Putri Nur Malasari²

^{1,2} Program Studi Tadris Matematika, Universitas Islam Negeri Sunan Kudus. Jalan Conge, Ngembalrejo, Kota Kudus, Indonesia.

E-mail:¹ afdarrizki.n@gmail.com*, ² putrinurmalasari@uinsuku.ac.id

Article received : December 24, 2025.

Article revised : April 28, 2026.

Article Accepted : May 17, 2026.

Article Publish : May 31, 2026.

* Corresponding author

Abstract: Spatial ability is an important aspect in mathematics learning because it helps students understand geometric concepts, spatial forms, and relationships between visual elements. However, learning that is still abstract and two-dimensional makes it difficult for students to develop this ability. With advances in technology, Augmented Reality (AR) has emerged as an innovation that can bridge abstract concepts into concrete and interactive learning experiences. This study aimed to systematically review the influence and application of AR on improving students' spatial abilities in mathematics learning using the Systematic Literature Review (SLR) method with the PRISMA 2020 guidelines. Literature searches were conducted through Google Scholar, Scopus, ScienceDirect, and ERIC, and of the 266 articles found, 15 articles met the inclusion criteria for analysis. The synthesis results showed that the application of AR had a positive effect on improving spatial abilities, especially in the aspects of visualization, rotation, and spatial reasoning. AR helped students understand geometric concepts through interactive three-dimensional object representations, increased learning motivation, and strengthened cognitive engagement. The effectiveness of AR increased when integrated with active learning models, although there were still obstacles related to devices, teacher readiness, and infrastructure.

Keywords: Augmented Reality; Spatial Ability; Mathematics Learning; Systematic Literature Review.

Pengaruh augmented reality terhadap kemampuan spasial siswa dalam pembelajaran matematika: Systematic literature review

Abstrak: Kemampuan spasial merupakan aspek penting dalam pembelajaran matematika karena membantu siswa memahami konsep geometri, bentuk ruang, dan hubungan antar unsur visual, namun pembelajaran yang masih bersifat abstrak dan dua dimensi membuat siswa kesulitan mengembangkannya. Seiring kemajuan teknologi, *Augmented Reality* (AR) hadir sebagai inovasi yang mampu menjembatani konsep abstrak menjadi pengalaman belajar yang konkret dan interaktif. Penelitian ini bertujuan meninjau secara sistematis pengaruh dan penerapan AR terhadap peningkatan kemampuan spasial siswa dalam pembelajaran matematika menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan panduan PRISMA 2020. Pencarian literatur dilakukan melalui *Google Scholar*, *Scopus*, *ScienceDirect*, dan *ERIC*, dan dari 266 artikel ditemukan, 15 artikel memenuhi kriteria inklusi untuk dianalisis. Hasil sintesis menunjukkan bahwa penerapan AR berpengaruh positif terhadap peningkatan kemampuan spasial, terutama pada aspek visualisasi, rotasi, dan penalaran spasial. AR membantu siswa memahami konsep geometri melalui representasi objek tiga dimensi yang interaktif, meningkatkan motivasi belajar, serta memperkuat keterlibatan kognitif. Efektivitas AR meningkat saat diintegrasikan dengan model pembelajaran aktif, meskipun masih terdapat kendala terkait perangkat, kesiapan guru, dan infrastruktur.

Kata Kunci: *Augmented Reality*; Kemampuan Spasial; Pembelajaran Matematika; *Systematic Literature Review*.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital dalam dunia pendidikan telah membawa perubahan yang signifikan terhadap cara pendidik dan peserta didik berinteraksi ketika kegiatan belajar mengajar berlangsung (Haleem et al., 2022; Timotheou et al., 2022). Salah satu inovasi teknologi yang menunjukkan kemajuan pesat selama dekade terakhir adalah *Augmented Reality* (AR) (Aswandi & Helndrik, 2025). Teknologi ini mengintegrasikan elemen virtual berbentuk tiga dimensi ke dalam lingkungan nyata secara simultan dan interaktif (*real time*) (Bahiyah et al., 2020; Haleem et al., 2022). Dalam ranah pendidikan, *Augmented Reality* (AR) menawarkan aktivitas pembelajaran yang lebih mendalam dan atraktif, karena mendorong peserta didik untuk melakukan interaksi secara langsung dengan objek yang sebelumnya hanya dapat divisualisasikan secara abstrak. Hal ini menjadikan AR sebagai media pembelajaran yang berpotensi besar dalam mendukung penguasaan konsep matematika. Teknologi ini tidak hanya memperkaya visualisasi konsep geometri, tetapi juga menjembatani kesenjangan antara teori abstrak dan pengalaman belajar konkret yang selama ini menjadi tantangan utama dalam pendidikan matematika (Asmaun, 2025).

Kemampuan spasial adalah salah satu bagian esensial dalam pembelajaran matematika, karena berhubungan dengan kapasitas individu untuk memahami, memanipulasi, serta menafsirkan hubungan antarobjek di dalam ruang (Siyam et al., 2024) (Sari et al., 2024). Keterampilan ini berperan besar dalam memahami konsep geometri, menggambar bentuk tiga dimensi, dan menghubungkan representasi visual dengan simbolik (Cui & Guo, 2022). Namun, berbagai penelitian menunjukkan bahwa banyak peserta didik mengalami kesulitan dalam mengembangkan kemampuan spasial karena pembelajaran matematika masih bersifat abstrak dan berorientasi pada teks atau gambar dua dimensi (Franselaa et al., 2021). Ketika peserta didik hanya belajar melalui representasi datar tanpa pengalaman manipulasi langsung terhadap objek ruang, mereka kesulitan dalam melakukan rotasi mental, membayangkan bentuk geometri dari berbagai sudut pandang, dan memahami hubungan antarunsur ruang (Young et al., 2018).

Berdasarkan konteks tersebut, *Augmented Reality* (AR) berfungsi sebagai inovasi yang menawarkan solusi konkret. AR memungkinkan siswa untuk mengamati, memutar, serta memanipulasi objek geometri tiga dimensi secara langsung menggunakan perangkat digital, sehingga pemahaman tentang bentuk, ukuran, dan posisi objek dalam ruang menjadi lebih mendalam (Hafis et al., 2024). Penelitian yang dilakukan oleh Ibáñez et al. (2020) mengungkap bahwa penerapan pembelajaran geometri berbasis *Augmented Reality* (AR) dapat meningkatkan keterampilan visualisasi dan rotasi spasial siswa melalui eksplorasi langsung objek visual. Lebih lanjut, penggunaan AR juga terbukti mampu meningkatkan motivasi serta partisipasi aktif peserta didik, sebab pembelajaran yang berbasis teknologi ini menjadi lebih menarik, kontekstual, dan sesuai dengan karakteristik gaya belajar generasi digital masa kini (Çelik & Ersanlı, 2022).

Beberapa penelitian terbaru menekankan bahwa efektivitas AR tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan teknologinya, tetapi juga oleh bagaimana teknologi tersebut diintegrasikan dengan pendekatan pedagogis yang tepat. Nurwijaya (2022) menemukan

bahwa integrasi AR dengan model *Problem-Based Learning (PBL)* membantu siswa mengembangkan kemampuan spasial melalui pemecahan masalah nyata pada pokok pembahasan geometri. Demikian pula [Arifin et al. \(2020\)](#) menunjukkan bahwa penggunaan AR dalam konteks *STEM Learning* mampu meningkatkan kemampuan berpikir spasial pada materi bangun ruang. Di sisi lain, muncul pula pendekatan inovatif yang menggabungkan AR dengan unsur budaya lokal melalui *etnomatematika*. Studi oleh [Aini & Indrawati \(2024\)](#) menunjukkan bahwa Integrasi budaya lokal melalui media berbasis AR mampu menumbuhkan kesadaran siswa terhadap nilai-nilai budaya dan mempermudah pemahaman konsep geometri ruang.

Meskipun AR telah banyak diteliti dalam konteks pendidikan, kajian sistematis yang secara khusus mengulas pengaruhnya terhadap kemampuan spasial dalam pembelajaran matematika masih sangat terbatas. [Avila-Garzon et al. \(2021\)](#) dalam tinjauan sistematis selama dua puluh lima tahun penggunaan AR dalam pendidikan, menyimpulkan bahwa AR secara umum meningkatkan keterlibatan dan motivasi belajar. Namun kajian tersebut bersifat lintas mata pelajaran dan tidak memfokuskan analisis pada kemampuan spasial maupun konteks pembelajaran matematika secara khusus. Selaras dengan hal tersebut, [Heydemans & Elmunsyah \(2024\)](#) dalam tinjauan literatur sistematis terbaru mereka juga mengonfirmasi efektivitas AR dalam meningkatkan hasil akademik dan motivasi di berbagai bidang. Akan tetapi, kajian mereka lebih menitikberatkan pada tren media pembelajaran secara umum dan tantangan teknis implementasi, tanpa memberikan sintesis mendalam mengenai variabel kemampuan spasial dalam domain matematika. Dengan demikian, terdapat tiga kesenjangan yang belum tertangani oleh kajian-kajian sebelumnya yakni belum ada SLR yang secara khusus mensintesis pengaruh AR terhadap kemampuan spasial dalam pembelajaran matematika lintas jenjang pendidikan, belum ada kajian sistematis yang menjadikan pendekatan pedagogis aktif seperti PBL dan *STEM Learning* sebagai dimensi analisis utama, dan belum ada SLR yang mempertimbangkan konteks budaya lokal Indonesia dalam rentang waktu 2016-2025. Ketiga kesenjangan inilah yang membedakan penelitian ini secara substantif dari kajian sebelumnya dan menjadi dasar urgensi dilaksanakannya tinjauan literatur sistematis ini.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan guna meninjau secara sistematis berbagai temuan studi terdahulu yang mengkaji pengaruh penerapan *Augmented Reality (AR)* terhadap peningkatan kemampuan spasial peserta didik dalam pembelajaran matematika. Kajian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review (SLR)* dengan berlandaskan pada pedoman PRISMA 2020, sehingga proses penelusuran dan analisis literatur dapat dilakukan secara transparan, terukur, serta objektif. Secara lebih spesifik, penelitian ini berupaya menjawab dua rumusan pertanyaan utama, yaitu: (1) Bagaimana pengaruh penggunaan *Augmented Reality* terhadap peningkatan kemampuan spasial siswa dalam pembelajaran matematika berdasarkan hasil penelitian terdahulu?; dan (2) Bagaimana *Augmented Reality* digunakan dan diterapkan dalam pembelajaran matematika untuk membantu siswa mengembangkan kemampuan spasialnya?. Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan model pembelajaran berbasis

teknologi, sekaligus menjadi referensi bagi pendidik maupun peneliti dalam merancang strategi pembelajaran matematika yang lebih interaktif, kontekstual, serta berorientasi pada penguatan kemampuan spasial siswa.

METODE

Penelitian ini menerapkan metode *Systematic Literature Review* (SLR) guna menelaah secara mendalam beragam hasil studi yang menyoroti pengaruh penerapan *Augmented Reality* (AR) terhadap kemampuan spasial siswa dalam konteks pembelajaran matematika. Pemilihan metode ini didasarkan pada keunggulannya dalam membantu peneliti mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis berbagai temuan empiris secara sistematis serta objektif, sehingga mampu memberikan gambaran yang menyeluruh dan mendalam terkait isu yang diteliti (Ilmidin et al., 2025).

Pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) dalam penelitian ini mengacu pada pedoman PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). Protokol ini digunakan untuk memastikan bahwa seluruh proses telaah literatur dilakukan secara terstruktur, transparan, dan dapat direplikasi (Putri & Veri, 2025). Tahapan penelitian meliputi: (1) Perumusan pertanyaan penelitian (*Research Questions*), (2) Pencarian literatur, (3) Penyaringan dan seleksi studi, (4) Ekstraksi data, dan (5) Analisis serta sintesis hasil penelitian.

Langkah pertama dalam *Systematic Literature Review* (SLR) ini adalah perumusan pertanyaan penelitian (*Research Questions*). Langkah ini dilakukan untuk memperjelas arah pencarian literatur serta Batasan kajian yang akan dilakukan. Berdasarkan fokus penelitian, pertanyaan penelitian (*Research Questions*) dalam penelitian ini terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pertanyaan Penelitian (*Research Questions*)

Kode	Pertanyaan Penelitian (<i>Research Questions</i>)
RQ.1	Bagaimana pengaruh penggunaan <i>Augmented Reality</i> terhadap peningkatan kemampuan spasial siswa dalam pembelajaran matematika berdasarkan hasil penelitian terdahulu?
RQ.2	Bagaimana <i>Augmented Reality</i> digunakan dan diterapkan dalam pembelajaran matematika untuk membantu siswa mengembangkan kemampuan spasialnya?

Langkah kedua adalah pencarian literatur. Pencarian literatur ini dilakukan secara sistematis melalui beberapa basis data akademik menggunakan aplikasi *Publish or Perish* pada dua basis data elektronik utama, yaitu *Google Scholar* dan *Scopus*, serta dilakukan secara manual melalui laman resmi *ScienceDirect* dan *ERIC*. Proses penelusuran literatur dilakukan dengan menggunakan kombinasi kata kunci dalam dua bahasa, yaitu Bahasa Inggris dan Bahasa Indonesia. Adapun kata kunci yang digunakan meliputi: "*augmented reality*", "*AR*", "*spatial ability*", "*kemampuan spasial*", "*pembelajaran matematika*", serta "*mathematics learning*". Selanjutnya, untuk memastikan keakuratan dan ketepatan literatur yang digunakan, peneliti menetapkan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria ini berfungsi sebagai pedoman dalam menentukan artikel yang akan dimasukkan dan dikeluarkan dari proses analisis. Kriteria tersebut dapat membantu peneliti dalam menyeleksi artikel yang relevan,

valid, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Rincian kriteria tersebut disajikan pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
1. Artikel membahas penggunaan <i>Augmented Reality</i> (AR) dalam pembelajaran matematika	1. Artikel tidak membahas topik yang berkaitan langsung dengan fokus penelitian
2. Meneliti pengaruh terhadap kemampuan spasial (<i>spatial ability</i>) siswa	2. Studi yang dilakukan tidak relevan dengan variabel sasaran
3. Artikel menggunakan penelitian empiris (eksperimen, quasi-eksperimen, <i>mixed methods</i> , dll)	3. Artikel berupa opini, editorial, berita, abstrak saja, atau tidak melalui proses <i>peer-review</i>
4. Diterbitkan antara tahun 2016-2025	4. Diterbitkan sebelum tahun 2016
5. Ditulis dalam bahasa Inggris atau bahasa Indonesia	5. Ditulis dalam bahasa selain Inggris atau Indonesia
6. Siswa	6. Selain siswa (mahasiswa, dll).
7. Artikel ilmiah terindeks (Scopus, Sinta, ERIC, Springer, dll)	7. Artikel tidak terindeks
8. Artikel tersedia dalam bentuk <i>full text</i> yang dapat diakses	8. Artikel tidak memiliki data lengkap atau tidak dapat diakses <i>full-text</i>

Langkah ketiga adalah penyaringan dan seleksi studi. Proses seleksi artikel dilakukan berdasarkan empat tahapan utama dalam protokol PRISMA 2020, yaitu *identification*, *screening*, *eligibility*, dan *inclusion*. Empat tahapan tersebut dijelaskan sebagai berikut:

a. Tahap 1 (*Identification*)

Pada tahap ini, peneliti menelusuri artikel menggunakan kata kunci yang telah ditentukan pada empat basis data akademik, yaitu *Scopus*, *ScienceDirect*, *ERIC*, dan *Google Scholar*. Dari hasil penelusuran awal, diperoleh sebanyak 266 artikel yang relevan dengan topik penelitian dalam rentang waktu 2016-2025.

b. Tahap 2 (*Screening*)

Seluruh artikel yang ditemukan kemudian disaring untuk menghapus duplikasi dan menilai kesesuaian judul serta abstrak dengan fokus penelitian. Setelah proses penyaringan, sebanyak 22 artikel duplikat dihapus, sehingga tersisa 244 artikel. Dari jumlah tersebut, 203 artikel dieliminasi karena tidak membahas pembelajaran matematika atau tidak meneliti kemampuan spasial.

c. Tahap 3 (*eligibility*)

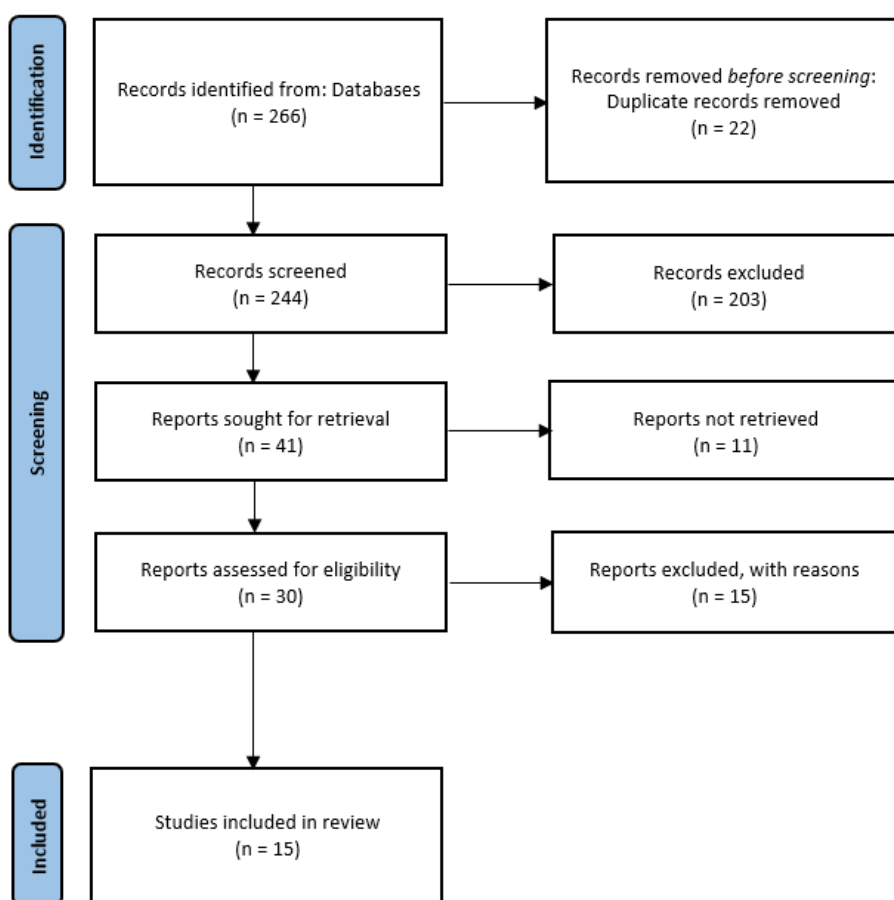
Sebanyak 41 artikel yang tersisa selanjutnya ditelusuri untuk memperoleh teks lengkap (*full-text*). Namun, sebanyak 11 artikel tidak berhasil diperoleh, sehingga hanya 30 artikel yang dapat dianalisis lebih lanjut. Artikel-artikel tersebut kemudian ditelaah secara mendalam berdasarkan kriteria inklusi yang telah ditetapkan, meliputi aspek metodologi, konteks penelitian, dan kejelasan variabel kemampuan spasial. Hasil evaluasi

menunjukkan bahwa 15 artikel yang tidak memenuhi kriteria inklusi dikeluarkan dari analisis.

d. Tahap 4 (*Inclusion*)

Tahap akhir menghasilkan 15 artikel yang memenuhi seluruh kriteria dan dinyatakan layak untuk dianalisis lebih lanjut. Artikel-artikel ini menjadi sumber utama dalam proses sintesis hasil penelitian.

Adapun gambaran alur seleksi artikel ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alur Proses Seleksi Artikel Berdasarkan Protokol PRISMA 2020

Setelah proses seleksi artikel menggunakan protokol PRISMA 2020, tahap selanjutnya adalah penilaian kualitas (*Quality Assessment*) menggunakan tujuh kriteria evaluatif yang diadaptasi dari panduan penilaian kualitas dalam studi *Systematic Literature Review* (Kithenham & Charters, 2007), meliputi kejelasan tujuan penelitian, kesesuaian desain penelitian, kejelasan deskripsi penggunaan teknologi *Augmented Reality*, validitas dan reliabilitas instrumen, kelengkapan penyajian hasil, ketepatan analisis data, serta pengungkapan keterbatasan penelitian. Setiap kriteria diberikan skor Y ($Y_a = 1$), P (Parsial = 0,5), dan T (Tidak = 0), dengan skor maksimum sebesar 7 untuk setiap artikel. Artikel dengan skor $\geq 4,0$ dikategorikan memiliki kualitas yang memadai dan diikutsertakan dalam proses

analisis, sedangkan artikel dengan nilai $< 4,0$ dieliminasi dari kajian. Rincian kriteria penilaian kualitas disajikan pada Tabel 3, sedangkan hasil penilaian kualitas dari seluruh artikel terpilih disajikan pada Tabel 4.

Tabel 3. Kriteria Penilaian Kualitas (*Quality Assessment*)

Kode	Pertanyaan Penilaian Kualitas
QA1	Apakah tujuan penelitian dinyatakan secara jelas dan eksplisit?
QA2	Apakah desain penelitian yang digunakan sesuai untuk mengkaji pengaruh <i>Augmented Reality</i> terhadap kemampuan spasial?
QA3	Apakah media atau teknologi <i>Augmented Reality</i> yang digunakan dideskripsikan secara jelas dan rinci?
QA4	Apakah instrumen yang digunakan untuk mengukur kemampuan spasial dinyatakan valid dan/atau reliabel?
QA5	Apakah hasil penelitian disajikan secara lengkap dan terukur, seperti melalui penyajian data statistik (misalnya nilai uji, <i>N-Gain</i> , atau <i>effect size</i>)?
QA6	Apakah analisis data dilakukan secara tepat dan sesuai dengan tujuan penelitian?
QA7	Apakah keterbatasan penelitian diidentifikasi dan/atau didiskusikan oleh penulis?

Tabel 4. Hasil Penilaian Kualitas (*Quality Assessment*) 15 Artikel Terpilih

No	Penulis (Tahun)	QA1	QA2	QA3	QA4	QA5	QA6	QA7	Total (maks 7)	Keterangan
1	Ozcakir & Cakiroglu (2021)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	P	6,5	Tinggi
2	Javehri et al. (2023)	Y	P	Y	P	P	P	T	4,0	Sedang
3	Majeed & AlRikabi (2022)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	P	6,5	Tinggi
4	Nadzeri et al. (2024)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	P	6,5	Tinggi
5	Taşci & Soylu (2023)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	P	6,5	Tinggi
6	Arifin et al. (2020)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	P	6,5	Tinggi
7	Febriyanto et al. (2025)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	P	6,5	Tinggi
8	Nurwijaya (2022)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	T	6,0	Tinggi
9	Nurwijaya & Sukaria (2025)	Y	Y	P	P	P	P	T	4,0	Sedang
10	Rista et al. (2025)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	T	6,0	Tinggi
11	Subhi et al. (2023)	Y	Y	Y	P	Y	Y	P	5,5	Sedang
12	Winarni et al. (2023)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	P	6,5	Tinggi

No	Penulis (Tahun)	QA1	QA2	QA3	QA4	QA5	QA6	QA7	Total (maks 7)	Keterangan
13	Yanuarto & Iqbal (2022)	Y	Y	Y	P	Y	Y	T	5,5	Sedang
14	Ardiningtyas et al. (2024)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	P	6,5	Tinggi
15	Irniani (2020)	Y	Y	Y	P	Y	Y	T	5,5	Sedang

Keterangan: Y = Ya (1); P = Parsial (0,5); T = Tidak (0). Skor $\geq 6,0$: Kualitas Tinggi; Skor 4,0 - 5,5: Kualitas Sedang. Dari 15 artikel yang lolos seleksi, seluruhnya memperoleh skor $\geq 4,0$, sehingga kesemuanya diikutsertakan dalam analisis. Sebanyak 10 artikel memperoleh kategori kualitas tinggi (skor $\geq 6,0$) dan 5 artikel berkategori sedang (skor 4,0 - 5,5).

Langkah keempat yaitu ekstraksi data. Pada tahap ini, peneliti melakukan proses pengumpulan dan pencatatan informasi penting dari setiap artikel yang telah lolos seleksi akhir berdasarkan kriteria inklusi. Data yang diekstraksi meliputi nama penulis dan tahun publikasi, bentuk dan jenis media *Augmented Reality* (AR) yang digunakan, model atau konteks pembelajaran yang diterapkan, serta hasil dan temuan utama yang berkaitan dengan peningkatan kemampuan spasial siswa. Data tersebut dikumpulkan secara terstruktur guna memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai karakteristik serta kecenderungan penelitian terdahulu yang membahas penerapan *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran matematika. Proses ekstraksi ini menjadi dasar penting dalam tahap analisis berikutnya untuk mengidentifikasi pola umum, kecenderungan temuan, serta hubungan antara penggunaan AR dan pengembangan kemampuan spasial siswa.

Langkah kelima adalah tahap analisis dan sintesis hasil penelitian yang dilakukan untuk menelaah secara mendalam lima belas artikel terpilih. Analisis difokuskan pada kesamaan dan perbedaan temuan berdasarkan jenis media *Augmented Reality* (AR), konteks pembelajaran, serta efeknya terhadap kemampuan spasial. Sintesis dilakukan secara naratif untuk mengidentifikasi pola efektivitas *Augmented Reality* (AR), integrasinya dengan model pembelajaran aktif seperti *Problem-Based Learning* (PBL) atau *STEM Learning*, serta penerapannya dalam konteks etnomatematika. Selain itu, tahap ini juga mencakup identifikasi kendala seperti keterbatasan perangkat, kesiapan guru, dan infrastruktur pendidikan, guna memperoleh pemahaman komprehensif mengenai peran AR dalam pengembangan kemampuan spasial siswa dan arah inovasi penelitian selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil seleksi artikel menggunakan protokol PRISMA, diperoleh 15 artikel yang memenuhi kriteria inklusi dan relevan dengan topik pengaruh *Augmented Reality* (AR) terhadap kemampuan spasial siswa dalam pembelajaran matematika yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisis Artikel Pengaruh *Augmented Reality* (AR) terhadap Kemampuan Spasial Siswa dalam Pembelajaran Matematika

No	Penulis	Hasil Penelitian
1.	Ozcakir & Cakiroglu (2021)	Penggunaan <i>toolkit SPATIAL-AR</i> efektif meningkatkan kemampuan visualisasi dan rotasi spasial siswa SMP. Siswa lebih mampu memahami representasi 3D dibandingkan metode konvensional.
2.	Javehri et al. (2023)	Lingkungan belajar AR berbasis <i>Unity</i> meningkatkan imajinasi spasial dan keterlibatan siswa SD, siswa lebih cepat memahami konsep bentuk ruang dan perspektif.
3.	Majeed & AlRikabi (2022)	AR berpengaruh signifikan terhadap kecerdasan spasial dan pemahaman geometri siswa SMA ($p < 0,05$). Siswa menunjukkan peningkatan dalam visualisasi dan rotasi bentuk.
4.	Nadzeri et al. (2024)	Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> meningkatkan kemampuan visualisasi spasial siswa SD, hasil belajar meningkat signifikan dengan efek sedang (<i>Cohen's d</i> $\approx 0,5$).
5.	Taşci & Soylu (2023)	Pembelajaran geometri berbantuan AR memberikan pengaruh positif signifikan terhadap kemampuan spasial dan level berpikir geometri <i>Van Hiele</i> siswa kelas 6 SMP di Turki.
6.	Arifin et al. (2020)	Media STEM+AR sangat valid (91 – 93%), praktis (85 – 94%), dan efektif ($n - gain$ 0,42) dalam meningkatkan kemampuan spasial siswa SMK.
7.	Febriyanto et al. (2025)	Buku AR berbasis budaya lokal meningkatkan kemampuan spasial 93,8% siswa dan validitas tinggi (2,84). Menunjukkan integrasi efektif antara budaya dan teknologi.
8.	Nurwijaya (2022)	Model <i>Problem Based Learning</i> (PBL) berbantuan AR meningkatkan kemampuan spasial siswa SMA ($n - gain$ 0,63, kategori tinggi).
9.	Nurwijaya & Sukaria (2025)	AR berpengaruh signifikan terhadap <i>spatial reasoning</i> siswa SMP, terutama dalam kemampuan rotasi dan representasi 3D.
10.	Rista et al. (2025)	Strategi (<i>Problem Based Learning</i>) PBL berbantuan AR memberikan peningkatan signifikan kemampuan spasial matematis (<i>Sig.</i> $0,0135 < 0,05$).
11.	Subhi et al. (2023)	Media <i>GO-AR (Geometry with AR)</i> efektif meningkatkan kemampuan penalaran spasial siswa SMP dan keterlibatan aktif mereka.
12.	Winarni et al. (2023)	Buku saku AR valid (85,78%), praktis (85,74%), efektif (81,57%) dimana N-gain 62,6% (cukup efektif) untuk peningkatan spasial siswa SMP.

No	Penulis	Hasil Penelitian
13.	Yanuarto & Iqbal (2022)	Media AR efektif meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa SMP, membantu visualisasi konsep bangun ruang.
14.	Ardiningtyas et al. (2024)	Modul AR-Geo valid (91,5%), praktis (80 – 84%), efektif (83,3% tuntas), meningkatkan kemampuan spasial SMA secara signifikan.
15.	Irniani (2020)	Aplikasi VR Math + AR <i>hybrid</i> meningkatkan kemampuan spasial siswa SMP dari nilai rata-rata 34 menjadi 66 (kategori baik).

Hasil analisis yang disajikan pada Tabel 5 mengindikasikan bahwa AR berperan sebagai media pembelajaran yang efisien dan fleksibel dalam membantu peningkatan kemampuan spasial matematis peserta didik. Penggunaan AR membantu siswa memahami konsep geometri secara visual, interaktif, dan kontekstual. Efektivitas AR meningkat ketika dikombinasikan dengan model pembelajaran berbasis masalah, pendekatan STEM, maupun konteks budaya lokal. Berikut adalah pembahasan yang didasarkan pada *Research Questions* (RQ).

RQ.1 Bagaimana pengaruh penggunaan *Augmented Reality* terhadap peningkatan kemampuan spasial siswa dalam pembelajaran matematika berdasarkan hasil penelitian terdahulu?

Setelah dilakukan sintesis terhadap 15 artikel yang terpilih, bagian ini membahas bagaimana penggunaan *Augmented Reality* (AR) berpengaruh terhadap peningkatan kemampuan spasial siswa dalam pembelajaran matematika. Fokus analisis diarahkan pada tiga komponen utama kemampuan spasial, yaitu visualisasi spasial, rotasi spasial, dan penalaran spasial, yang menjadi indikator penting dalam memahami konsep geometri dan bentuk ruang.

Hasil sintesis menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan spasial paling banyak terjadi pada dua aspek utama, yaitu visualisasi spasial dan rotasi spasial. [Ozcakir & Cakiroglu \(2021\)](#) serta [Nadzeri et al. \(2024\)](#) melaporkan bahwa penggunaan *SPATIAL-AR Toolkit* dan *LearnGeoAR* secara efektif membantu siswa membayangkan, memutar, dan memanipulasi objek geometri tiga dimensi. Temuan ini diperkuat oleh [Majeed & AlRikabi \(2022\)](#) serta [Nurwijaya & Sukaria \(2025\)](#) yang menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada kemampuan rotasi spasial siswa secara signifikan setelah belajar menggunakan AR dibandingkan kelompok kontrol ($p < 0,05$). Hal ini dapat dijelaskan melalui *Dual Coding Theory*, yang menyatakan bahwa informasi lebih mudah dipahami ketika disajikan dalam bentuk visual dan verbal secara bersamaan ([Niu et al., 2021](#)). Sejalan dengan ini, [Hanid et al. \(2022\)](#) menemukan bahwa integrasi AR dengan *computational thinking* dalam topik geometri secara signifikan meningkatkan kemampuan visualisasi dan pencapaian belajar siswa, menunjukkan bahwa AR tidak hanya berdampak pada aspek visual semata, tetapi juga mendukung proses berpikir tingkat tinggi. Dalam pembelajaran berbasis AR, visualisasi 3D

membantu siswa memahami konsep ruang secara lebih konkret dibandingkan gambar dua dimensi.

Selain itu, kemampuan penalaran spasial siswa juga mengalami peningkatan. [Subhi et al. \(2023\)](#) dan [Rista et al. \(2025\)](#) menunjukkan bahwa siswa lebih mampu memahami hubungan antar unsur bangun ruang setelah menggunakan AR. [Taşci & Soylu \(2023\)](#) juga melaporkan peningkatan level berpikir geometri siswa berdasarkan tahapan Van Hiele. Temuan ini sejalan dengan teori konstruktivisme yang menekankan bahwa pemahaman terbentuk melalui interaksi langsung dengan objek atau lingkungan belajar ([Marian et al., 2025](#)). Melalui AR, siswa tidak hanya melihat, tetapi juga berinteraksi dengan objek geometri, sehingga proses pemahaman menjadi lebih bermakna. Lebih lanjut, [Sari et al. \(2025\)](#) menemukan bahwa AR juga mendukung pendekatan inkuiri dalam pembelajaran geometri, di mana siswa dapat melakukan eksplorasi mandiri terhadap bentuk-bentuk ruang secara visual dan interaktif. Hal ini memperkuat pandangan [Dendodi et al. \(2024\)](#) bahwa AR mampu menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik dengan menghadirkan visualisasi konsep-konsep abstrak yang selama ini sulit dibayangkan hanya melalui teks atau gambar.

Efektivitas AR juga meningkat ketika dikombinasikan dengan model pembelajaran aktif. [Nurwijaya \(2022\)](#) menunjukkan bahwa penerapan AR dengan model *Problem-Based Learning* (PBL) menghasilkan peningkatan kemampuan spasial dengan kategori tinggi (N-Gain 0,63), sedangkan [Arifin et al. \(2020\)](#) menunjukkan peningkatan melalui pendekatan STEM (N-Gain 0,42). Hal ini sejalan dengan teori konstruktivisme sosial (Vygotsky) yang menekankan pentingnya aktivitas dan interaksi dalam proses belajar ([Kusuma et al., 2025](#)). Selain itu, integrasi AR dengan konteks budaya lokal melalui etnomatematika [Febriyanto et al. \(2025\)](#) membuat pembelajaran menjadi lebih kontekstual dan mudah dipahami siswa.

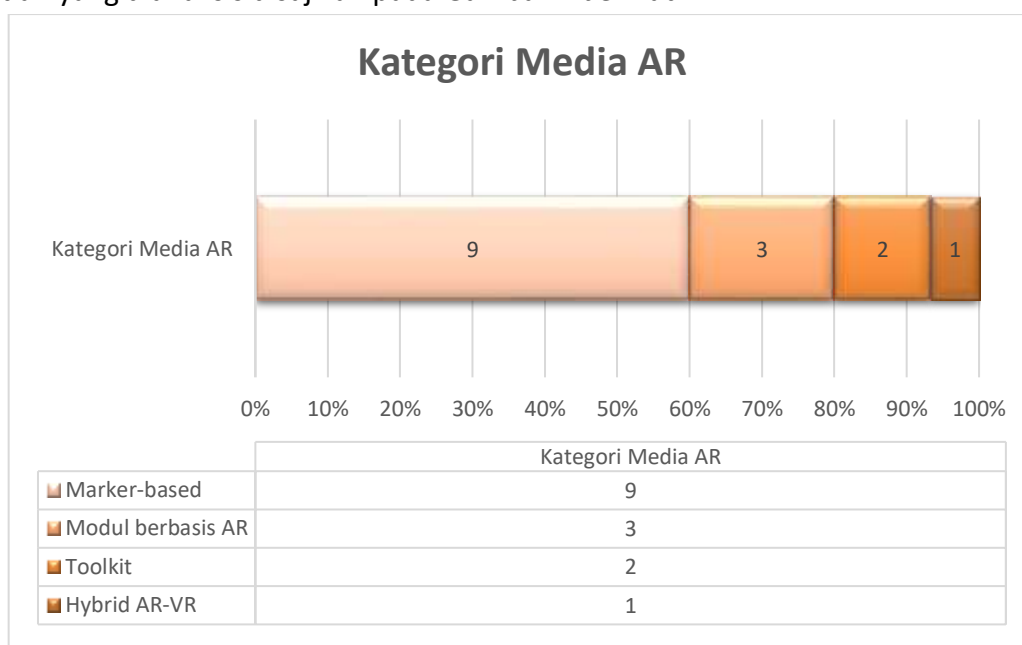
Di samping itu, beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa AR meningkatkan motivasi belajar siswa. [Febriyanto et al. \(2025\)](#) dan [Irniani \(2020\)](#) melaporkan bahwa siswa menjadi lebih aktif dan antusias selama pembelajaran. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian [Cetintav & Yilmaz \(2023\)](#) yang menemukan bahwa penggunaan AR dalam pembelajaran geometri bangun ruang secara signifikan meningkatkan prestasi akademik, keterampilan belajar mandiri, dan motivasi siswa SMP. Hal ini didukung oleh *Self-Determination Theory* yang menjelaskan bahwa motivasi belajar meningkat ketika siswa merasa tertarik dan terlibat dalam pembelajaran ([Ryan & Deci, 2020](#)). Selain itu, dari sudut pandang *Cognitive Load Theory*, penggunaan AR membantu mengurangi beban kognitif karena informasi disajikan secara visual dan langsung, sehingga siswa lebih mudah memahami konsep geometri ([Thees et al., 2020](#)).

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan AR berpengaruh positif terhadap kemampuan spasial siswa, terutama pada aspek visualisasi dan rotasi. Peningkatan tersebut terjadi karena AR mampu menghadirkan pembelajaran yang lebih konkret, interaktif, dan mendukung proses berpikir siswa secara lebih efektif.

RQ.2 Bagaimana *Augmented Reality* digunakan dan diterapkan dalam pembelajaran matematika untuk membantu siswa mengembangkan kemampuannya?

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan AR dalam pembelajaran matematika dilakukan melalui berbagai bentuk media dan pendekatan teknologis yang berbeda, namun memiliki tujuan yang sama yaitu membantu siswa memahami konsep ruang dan mengembangkan kemampuan spasial. Analisis berfokus pada jenis media AR yang digunakan, karakteristik penerapannya dalam kegiatan belajar, serta tantangan yang ditemukan pada penelitian terdahulu.

Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa AR paling sering digunakan sebagai media visualisasi interaktif yang menampilkan objek geometri tiga dimensi. Adapun rincian ragam jenis media *Augmented Reality* (AR) yang digunakan dalam penelitian-penelitian yang dianalisis disajikan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Diagram Kategori Media AR

Berdasarkan Gambar 2, aplikasi AR berbasis *mobile* (*marker-based*) menjadi jenis media yang paling dominan digunakan (60%). Aplikasi mobile berbasis marker seperti LearnGeoAR (Nadzeri et al., 2024) dan GO-AR (Subhi et al., 2023) terbukti efektif karena Media ini mudah diakses melalui ponsel atau tablet yang menampilkan bentuk 3D dari bangun ruang, memberikan kebebasan kepada siswa untuk mengeksplorasi objek sesuai kebutuhan mereka sendiri, di mana mereka dapat memutar bangun ruang, melihatnya dari sudut yang berbeda-beda, atau memperbesar bagian tertentu yang ingin dipahami lebih dalam. Muti et al. (2024) menguatkan hal ini dengan menemukan bahwa siswa menjadi lebih fokus dan terlibat secara aktif karena AR melalui perangkat *mobile* menghadirkan pembelajaran yang interaktif, realistis, dan mudah dijangkau kapan saja.

Sementara itu, buku dan modul berbasis AR digunakan pada 20% penelitian. Media ini memadukan bahan ajar cetak dengan elemen digital ketika siswa mengarahkan kamera ponsel ke gambar dalam buku, muncul representasi 3D dari bentuk geometri. Penelitian oleh Winarni et al. (2023) dan Febriyanto et al. (2025) menemukan bahwa bentuk ini efektif untuk

pembelajaran mandiri, terutama pada sekolah yang belum memiliki fasilitas laboratorium digital lengkap. Menariknya, penelitian [Febriyanto et al. \(2025\)](#) juga menambahkan konteks etnomatematika dalam pengembangan buku geometri berbasis AR. Buku tersebut mengintegrasikan objek budaya lokal seperti jajanan tradisional sebagai representasi bentuk geometri, sehingga konsep matematika menjadi lebih kontekstual dan dekat dengan kehidupan sehari-hari siswa. Pendekatan ini tidak hanya memperkuat kemampuan visualisasi spasial, tetapi juga membangun apresiasi siswa terhadap nilai budaya dalam pembelajaran matematika.

Kemudian, *toolkit* atau media berbasis desktop digunakan dalam 13% penelitian, seperti *SPATIAL-AR Toolkit* ([Ozcakir & Cakiroglu, 2021](#)) dan *3D Geometry Toolkit* ([Javehri et al., 2023](#)). Media ini umumnya digunakan dalam penelitian laboratorium atau pembelajaran terstruktur karena menyediakan tampilan spasial yang lebih presisi, tetapi memerlukan perangkat dengan spesifikasi tinggi. Salah satu penelitian [Irniani \(2020\)](#) menggabungkan AR dengan *Virtual Reality* (VR) menggunakan *Google Cardboard*, menghasilkan pengalaman belajar yang imersif dan meningkatkan keterlibatan siswa dalam memahami hubungan antarunsur ruang.

Sebagian besar penerapan AR berfokus pada materi geometri ruang, seperti kubus, balok, prisma, dan limas, karena topik ini paling menuntut kemampuan visualisasi dan rotasi spasial. Melalui AR, siswa dapat memeriksa bentuk-bentuk ruang secara langsung dari berbagai sudut, sehingga memahami hubungan antar sisi, rusuk, dan titik sudut secara lebih konkret. Beberapa penelitian, seperti [Rista et al. \(2025\)](#) dan [Ardiningtyas et al. \(2024\)](#) bahkan memperlihatkan bahwa penggunaan AR dapat membantu siswa mengidentifikasi kesalahan persepsi terhadap bentuk ruang dan meningkatkan akurasi dalam menggambar representasi geometri.

Walaupun demikian, tantangan dalam penerapan AR masih ditemukan. [Ozcakir & Cakiroglu \(2021\)](#) dan [Irniani \(2020\)](#) melaporkan kendala utama berupa keterbatasan perangkat, kesiapan guru, dan waktu pelaksanaan pembelajaran berbasis AR. [Aprilia et al. \(2025\)](#) menegaskan bahwa kemampuan guru dalam merancang pembelajaran yang memanfaatkan AR secara efektif jauh lebih penting daripada sekadar bisa mengoperasikan aplikasinya. Hal ini diperkuat oleh [Widjaja et al. \(2025\)](#) yang menyatakan bahwa tanpa perencanaan pembelajaran yang matang, keunggulan interaktif dari AR tidak akan berdampak nyata pada peningkatan kemampuan spasial siswa. Oleh karena itu, pengadaan teknologi AR di sekolah sebaiknya juga disertai dengan pelatihan guru yang berfokus pada cara merancang pembelajaran, bukan hanya cara menggunakan aplikasinya. Dalam konteks yang lebih luas, [Rohendi et al. \(2025\)](#) menunjukkan bahwa AR yang dirancang dengan baik dapat secara nyata meningkatkan interaktivitas dan respons siswa dalam pembelajaran geometri. Sementara itu, [Zeki et al. \(2025\)](#) dalam tinjauan sistematis mereka menegaskan bahwa tantangan utama implementasi AR di berbagai negara mencakup keterbatasan infrastruktur, kurangnya pelatihan guru, serta kesenjangan akses teknologi, hal tersebut merupakan tantangan yang sangat relevan dengan kondisi pendidikan di Indonesia.

Implikasi Penelitian

Secara teoritis, hasil kajian ini memperkuat pandangan bahwa AR paling tepat dipahami sebagai media yang membantu siswa belajar secara aktif, bukan hanya sebagai alat untuk membuat tampilan pembelajaran lebih menarik. Temuan ini juga melengkapi kajian sistematis sebelumnya, yang belum secara khusus membahas kemampuan spasial sebagai fokus utama dalam pembelajaran matematika.

Secara praktis, ada beberapa hal yang dapat menjadi pertimbangan bagi guru maupun pengembang kurikulum. Pertama, AR terbukti lebih efektif ketika dipadukan dengan model pembelajaran yang mendorong siswa berpikir dan memecahkan masalah, seperti *Problem Based Learning* (PBL) atau *STEM Learning*, sehingga penggunaannya perlu direncanakan sejak awal, bukan sekadar dijadikan variasi di akhir pembelajaran. Kedua, untuk sebagian besar sekolah di Indonesia, aplikasi mobile berbasis marker menjadi pilihan yang paling mudah dijangkau. Ketiga, pelatihan guru perlu lebih difokuskan pada cara merancang pembelajaran berbasis AR yang bermakna, bukan hanya pelatihan teknis penggunaan aplikasinya.

Keterbatasan Penelitian dan Saran untuk Penelitian Selanjutnya

Kajian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diakui. Pertama, semua studi yang dianalisis hanya mengukur dampak jangka pendek dari penggunaan AR, sehingga belum diketahui apakah peningkatan kemampuan spasial yang diperoleh siswa akan bertahan dalam jangka panjang. Kedua, sebagian besar penelitian dilakukan di sekolah perkotaan yang sudah memiliki akses teknologi yang cukup baik, sehingga hasil ini belum tentu berlaku sama untuk sekolah-sekolah di daerah terpencil. Ketiga, perbedaan alat ukur yang digunakan antarstudy membuat perbandingan hasil secara langsung menjadi kurang tepat.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, ada beberapa hal yang disarankan untuk penelitian ke depannya. Pertama, perlu dilakukan penelitian jangka panjang untuk melihat apakah kemampuan spasial yang berkembang melalui AR dapat bertahan setelah pembelajaran selesai. Kedua, penting untuk mengkaji efektivitas AR di sekolah dengan kondisi infrastruktur yang berbeda-beda, agar rekomendasi yang dihasilkan lebih relevan dengan beragam konteks sekolah di Indonesia. Ketiga, perlu dikembangkan alat ukur kemampuan spasial yang lebih seragam agar perbandingan hasil antara berbagai penelitian bisa dilakukan dengan lebih tepat.

SIMPULAN

Pemanfaatan *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran matematika terbukti memberi pengaruh positif terhadap peningkatan kemampuan spasial siswa, terutama pada aspek visualisasi, rotasi, dan penalaran spasial. Hal ini disebabkan karena AR mampu mengonversi prinsip-prinsip geometri yang bersifat abstrak menjadi proses belajar yang lebih nyata, menarik, dan interaktif melalui tampilan objek tiga dimensi. Efektivitas penggunaan AR semakin tinggi apabila dipadukan dengan model pembelajaran aktif seperti PBL dan *STEM Learning*, yang mendorong peserta didik untuk berpikir kritis, melakukan eksplorasi, serta merefleksikan pemahamannya. Akan tetapi, implementasi AR masih menemui beberapa hambatan, antara lain keterbatasan perangkat, kurangnya kesiapan guru, serta ketimpangan

infrastruktur teknologi di berbagai sekolah. Oleh sebab itu, pelatihan profesional bagi guru serta dukungan kebijakan pendidikan yang berkesinambungan menjadi hal penting agar penerapan AR dapat berjalan secara optimal. Dengan strategi yang terencana dan dukungan yang memadai, AR memiliki potensi besar untuk menjadi inovasi pembelajaran matematika yang efektif dalam mengembangkan kemampuan spasial, memperdalam pemahaman konsep, dan meningkatkan motivasi belajar siswa secara menyeluruh. Ke depannya, penelitian lanjutan disarankan untuk mengkaji efektivitas AR dalam jangka panjang, mengeksplorasi penerapannya di sekolah dengan keterbatasan infrastruktur, serta mengembangkan instrumen pengukuran kemampuan spasial yang lebih seragam agar perbandingan antara berbagai studi dapat dilakukan secara lebih tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, Q., & Indrawati, D. (2024). Pengembangan media pembelajaran etnomatematika (ARETMA) berbasis augmented reality pada bangun ruang kelas V SD. *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar (JPGSD)*, 12(6), 1026–1036.
- Aprilia, Y. D., Suwandayani, B. I., & Kunchayono. (2025). Optimalisasi penggunaan teknologi augmented reality di era digital pada sekolah dasar. *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 8(1), 15–24. <https://jayapangusprelss.pelnelrbit.org/index.php/celтта>
- Ardiningtyas, M., Azis, Z., & Irvan. (2024). The Development of Augmented Reality-based Geometry Module (AR-Geo) to Improve Spatial Ability in Learning 3D Geometry Material in SMA Negeri 3 Medan. *Indonesian Journal of Education and Mathematical Science*, 5(2), 142–150. <https://doi.org/10.30596/ijelms.v5i2.19599>
- Arifin, A. M., Pujiastuti, H., & Sudiana, R. (2020). Pengembangan media pembelajaran STEM dengan augmented reality untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 7(1), 59–73. <https://doi.org/10.21831/jrpm.v7i1.32135>
- Asmaun, A. (2025). Augmented reality dalam pembelajaran geometri: Dampak, tantangan, dan arah masa depan. *Lontara Journal of Mathematics, Statistics and Application*, 2(2), 77–87.
- Aswandi, N., & Helndrik, B. (2025). Transformasi sektor melalui augmented reality: Manfaat, tantangan, dan masa depan strategis. *Journal of Education Research*, 6(1), 107–113.
- Avila-Garzon, C., Bacca-Acosta, J., Kinshuk, D., J., & Betancourt, J. (2021). Augmented Reality in Education: An Overview of Twenty-Five Years of Research. *Contemporary Educational Technology*, 13(3), ep302. <https://doi.org/10.30935/celdtelch/10865>
- Bahiyah, N., Sokibi, P., & Muttaqin, I. (2020). Aplikasi Pengenalan Produk Menggunakan Augmented Reality dengan Metode Marker. *Jurnal Sistem Cerdas*, 3, 184.
- Budaya, U.-U. R. I. N. T. t. C. (2010). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2010 tentang Cagar Budaya*.
- Çelik, F., & Ersanlı, C. Y. (2022). The use of augmented reality in a gamified CLIL lesson and students' achievements and attitudes: A quasi-experimental study. *Smart Learning Environments*, 9(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00211-z>

- Cetintav, G., & Yilmaz, R. (2023). The Effect of Augmented Reality Technology on Middle School Students' Mathematic Academic Achievement, Self-Regulated Learning Skills, and Motivation. *Journal of Educational Computing Research*, 61(7), 1483–1504. <https://doi.org/10.1177/07356331231176022>
- Cui, X., & Guo, K. (2022). Supporting Mathematics Learning: A Review of Spatial Abilities from Research to Practice. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 46(101176). <https://doi.org/10.1016/j.cobelha.2022.101176>
- Dendodi, D., Simarona, N., Elpin, A., & Bahari, Y. W., W. (2024). Analisis penerapan augmented reality dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran sains di era digital. *Alacrity: Journal of Education*, 4, 2775–4138.
- Febriyanto, E. Y. F., Yudianto, E., Ambarwati, R., Kurniati, D., Safrida, L. N., Firmansyah, F. F., & Fazira, S. K. (2025). Pengembangan buku geometri terintegrasi jajanan tradisional berbasis augmented reality untuk meningkatkan kemampuan spasial. *Transformasi: Jurnal Pendidikan Matematika dan Matematika*, 9(1), 1–17. <https://doi.org/10.36526/tr.v9i1.5113>
- Franselaa, K., Syahputra, E. L., & Banjaran, H. (2021). Pengembangan media pembelajaran berbasis Macromedia Flash untuk meningkatkan kemampuan spasial siswa pada materi dimensi tiga. *PARADIKMA: Jurnal Pendidikan Matematika*, 14(1), 71–79.
- Hafis, H., Buhaelrah, B., & Kasmirah, K. (2024). Implementasi media pembelajaran berbasis augmented reality untuk meningkatkan pemahaman konsep geometri siswa. *DIKMAT: Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(2), 1-15. <https://jurnal.habi.ac.id/index.php/Dikmat>
- Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A., & Suman, R. (2022). Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 275–285. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004>
- Hanid, M. F. A., Said, M. N. H. M., Yahaya, N., & Abdullah, Z. (2022). Effects of augmented reality application integration with computational thinking in geometry topics. In *Education and Information Technologies* (Vol. 27, pp. 10007–10029). <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10994-w>
- Heydemans, C., & Elmunsyah, H. (2024). Study of the use of augmented reality as a learning media. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, 13(3). <https://doi.org/10.23887/janapati.v13i3.78825>
- Ibáñez, M. B., Uriarte Portillo, A., Zatarain Cabada, R., & Barrón, M. L. (2020). Impact of augmented reality technology on academic achievement and motivation of students from public and private Mexican schools: A case study in a middle-school geometry course. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(4), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.compeldu.2019.103734>
- Ilmidin, I., Arisjulyanto, D., Suharmanto, S., & Kusuma, A. H. (2025). Pelatihan metode systematic literature review (SLR) dan meta-analysis dalam pengolahan data penelitian pada mahasiswa sarjana ilmu kesehatan masyarakat Universitas Cenderawasih. *SEWAGATI: Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 4(2), 343–351. <https://doi.org/10.56910/selwagati.v4i2.2528>

- Irniani, I. (2020). Meningkatkan kemampuan spasial siswa kelas VII SMPN 4 Taliwang melalui aplikasi Android virtual reality mathematics berbantuan Google Cardboard. *Indonesian Journal of Teacher Education*, 1(2), 80–86.
- Javehri, H., Lehmann, J., Altmeyer, K., Müller, L. M., Bröker, R., & Łukowicz, P. (2023, 2023). *Design of augmented reality-based environment to promote spatial imagination for mathematics education in elementary school* Proceedings of the 2022 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2022 ACM International Symposium on Wearable Computers, <https://doi.org/10.1145/3544793.3560380>
- Kithenham, B., & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*. EBSE Technical Report, Keele University and Durham University.
- Kusuma, R. N., Insani, Z. N., Pratiwi, W. Y., & Ali, M. (2025). Penerapan teori belajar sosial Vygotsky dalam strategi guru kurikulum Cambridge mata pelajaran matematika pada sekolah dasar. *Journal on Education*, 11(1), 144–155.
- Majeed, B. H., & AlRikabi, H. T. S. (2022). Effect of Augmented Reality Technology on Spatial Intelligence among High School Students. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 17(24), 131–143. <https://doi.org/10.3991/ijelt.v17i24.35977>
- Marian, F., Efendi, D., & Abdillah, K. M. (2025). Integrasi teknologi augmented reality dalam pembelajaran matematika untuk meningkatkan pemahaman geometri siswa. *JIPMat: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 10(1), 255–270. <https://doi.org/10.26877/jipmat.v10i2.2510>
- Muti, I., Hasyim, D. M., Ms, S. S. U., Anwar, S., & Hilman, C. (2024). Pemanfaatan teknologi metaverse inovative journal of social science research. *Innovative Journal of Social Science Research*, 4, 5463–5474.
- Nadzeri, M. B., Musa, M., Meng, C. C., & Ismail, I. M. (2024). The Effects of Augmented Reality Geometry Learning Applications on Spatial Visualization Ability for Lower Primary School Pupils. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 18(16), 104–118. <https://doi.org/10.3991/ijim.v18i16.47079>
- Niu, M., Lo, C. H., & Yu, Z. (2021). Embedding Virtual Reality Technology in Teaching 3D Design for Secondary Education. *Frontiers in Virtual Reality*, 2, Article 661920. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.661920>
- Nurwijaya, S. (2022). Pengaruh model pembelajaran problem based learning berbantuan augmented reality terhadap kemampuan spasial siswa. *EQUALS: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 5(2), 107–115.
- Nurwijaya, S., & Sukaria, M. I. (2025). Augmented reality (AR) dalam pembelajaran geometri: Dampak pada spasial reasoning siswa. *Pedagogy: Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(2), 471–481.

- Ozcakir, B., & Cakiroglu, E. L. (2021). An augmented reality learning toolkit for fostering spatial ability in mathematics lessons: Design and development. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 9(4), 145–167. <https://doi.org/10.30935/SCIMATH/11204>
- Putri, O. S. H., & Veri, J. (2025). Sinergi kolaboratif antar fungsi dan jejaring profesional sebagai strategi MSDM dalam peningkatan kinerja organisasi. *Jurnal Mirai Management*, 11(1), 93–102.
- Rista, L., Maryanti, & Qadriah, L. (2025). Pengaruh strategi problem based learning (PBL) berbantuan augmented reality (AR) dalam meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(3), 328–335.
- Rohendi, D., Ramadhan, M. O., Rahim, S. S. A., & Zulnaidi, H. (2025). Enhancing students' creativity and responses in learning geometry by using augmented reality. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(1). <https://doi.org/10.29333/eljnstel/15796>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. L. (2020). Intrinsic and Extrinsic Motivation from a Self-Determination Theory Perspective: Definitions, Theory, Practices, and Future Directions. *Contemporary Educational Psychology*, 61(101860). <https://doi.org/10.1016/j.celdpsych.2020.101860>
- Sari, I. N., Wiryanto, W., & Rahaju, E. B. (2024). Tinjauan literatur sistematis: Kemampuan spasial matematis dalam pengembangan pemahaman matematika di sekolah dasar. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 9(3), 235–248.
- Sari, N. H. M., Fahmy, A. F. R., & Rusyda, W. Y. (2025). Augmented Reality dalam pembelajaran geometri: Sebuah analisis bibliometrik. *Jurnal Pendidikan Indonesia: Teori, Penelitian dan Inovasi*, 5, 2807–3878. <https://doi.org/10.59818/jpi.v5i2.1463>
- Subhi, M. A., Mudrikah, A., & Hakim, L. L. (2023). Peningkatan kemampuan penalaran spasial siswa melalui implementasi media pembelajaran geometry with augmented reality (GOAR). *Jurnal Penelitian Pembelajaran Matematika Sekolah (JP2MS)*, 7(2), 169–180. <https://doi.org/10.33369/jp2ms.7.2.169-180>
- Taşçi, G., & Soylu, Y. (2023). The Effect of Applications Related to Augmented Reality in Mathematics Lessons on the Development of Students' Geometric Thinking Levels and Spatial Ability. *TIER: Technology, Innovation, and Special Education Research*, 3(2), 124–151. www.tiseljournal.com
- Thees, M., Kapp, S., Strzys, M. P., Beil, F., Lukowicz, P., & Kuhn, J. (2020). Effects of Augmented Reality on Learning and Cognitive Load in University Physics Laboratory Courses. *Computers in Human Behavior*, 108, 106316. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106316>
- Timotheou, S., Miliou, O., Dimitriadis, Y., Sobrino, S. V., Giannoutsou, N., Cachia, R., Monés, A. M., & Ioannou, A. (2022). Impacts of Digital Technologies on Education and Factors Influencing Schools' Digital Capacity and Transformation: A Literature Review. *Education and Information Technologies*, 28, 6695–6726. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11431-8>

- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*.
- Widjaja, Y., Junaidi, & Solihatin, E. L. (2025, 2025). *Perancangan model pembelajaran biologi berbasis augmented reality* Proceedings of the 3rd International Conference on Pesantren (3rd ICOP),
- Winarni, S., Hanim, M., Kumalasari, A., Marlina, M., & Rohati, R. (2023). Pengembangan buku saku berbasis augmented reality pada materi bangun ruang untuk meningkatkan kemampuan spasial siswa. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 12(4), 3561–3571. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v12i4.8193>
- Yanuarto, W. N., & Iqbal, A. M. (2022). Media pembelajaran augmented reality untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis pada konsep geometri. *Edumatica: Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(1), 30-40.
- Young, C. J., Levine, S. C., & Mix, K. S. (2018). The Connection Between Spatial and Mathematical Ability Across Development. *Frontiers in Psychology*, 9, 755. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00755>
- Zeki, H., Chabbi, M., Sefian, M. L., & Bakkali, I. (2025). Augmented Reality and Virtual Reality in Education: A Systematic Narrative Review on Benefits, Challenges, and Applications. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(9), 1–21. <https://doi.org/10.29333/eljmstel/16830>