

PERAN AUGMENTED REALITY (AR) DALAM MENINGKATKAN PEMAHAMAN SPASIAL SISWA PADA PEMBELAJARAN GEOMETRI: KAJIAN LITERATUR

Najamuddin¹, Makmur², Sukmawati³, Nirfayanti⁴

Program Studi Pendidikan Matematika^{1,2,3,4}, Fakultas Keguruan dan Ilmu

Pendidikan^{1,2,3,4}, Universitas Muslim Maros^{1,2,3,4}

najamuddin242004@gmail.com¹, mkmur2002@gmail.com²,
sukmawati13062004@gmail.com³, nirfa@umma.ac.id⁴

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran teknologi *Augmented Reality* (AR) dalam meningkatkan pemahaman spasial siswa pada pembelajaran geometri. Penelitian dilakukan menggunakan pendekatan kajian pustaka dengan metode *Systematic Literature Review* (SLR) yang melibatkan proses identifikasi, seleksi, dan evaluasi literatur secara sistematis. Pencarian literatur dilakukan melalui database akademik seperti Google Scholar, ScienceDirect, SpringerLink, dan Garuda dengan rentang publikasi 2020–2025. Dari 42 publikasi yang ditemukan pada tahap awal, sebanyak 10 artikel memenuhi kriteria inklusi, yakni penelitian yang membahas penggunaan AR dalam pembelajaran matematika atau geometri, mengukur kemampuan spasial, serta dipublikasikan dalam jurnal atau prosiding bereputasi dan tersedia dalam bentuk teks lengkap. Analisis dilakukan secara kualitatif deskriptif untuk mengidentifikasi pola temuan dan tema utama dari penelitian terdahulu. Hasil sintesis menunjukkan bahwa AR berkontribusi signifikan dalam meningkatkan kemampuan visualisasi spasial, rotasi mental, dan representasi geometri siswa melalui visualisasi interaktif tiga dimensi dan pengalaman belajar imersif. Selain itu, keberhasilan implementasi AR dipengaruhi oleh desain pedagogis berbasis konstruktivisme, kompetensi teknologi guru, serta kesiapan infrastruktur. Penelitian ini menegaskan bahwa AR merupakan media pembelajaran transformatif yang mampu memperkuat pembelajaran geometri secara lebih kontekstual dan bermakna. Temuan ini memberikan dasar teoretis dan praktis bagi pengembangan inovasi pembelajaran digital yang adaptif dan berkelanjutan di era teknologi pendidikan modern

Kata kunci : *Augmented Reality, Pemahaman spasial, Geometri, Pembelajaran aktif,*

A. Pendahuluan

Pendidikan abad ke-21 menuntut siswa untuk memiliki kemampuan berpikir kritis, kreatif, komunikatif, dan kolaboratif dalam memecahkan masalah melalui pendekatan berbasis visualisasi spasial. Dalam konteks pembelajaran matematika, khususnya geometri, kemampuan spasial merupakan aspek kognitif fundamental

yang berperan penting dalam memahami hubungan antara bentuk, ukuran, posisi, dan orientasi objek di ruang (Pamungkas & Pramudya, 2025). Kemampuan spasial tidak hanya penting bagi keberhasilan dalam matematika, tetapi juga memiliki kontribusi signifikan terhadap prestasi akademik di bidang sains, teknologi, rekayasa, dan matematika (STEM). *National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine* (2020) dalam laporan *A Vision for NSF Earth Sciences 2020–2030: Earth in Time* menegaskan bahwa penguasaan kemampuan spasial merupakan landasan penting dalam mengembangkan kompetensi analitis dan konseptual yang mendukung kemajuan ilmu pengetahuan di berbagai disiplin STEM.

Data *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) tahun 2019 menunjukkan bahwa skor rata-rata kemampuan geometri siswa Indonesia hanya mencapai 433 dari skala 1000, jauh di bawah rata-rata internasional sebesar 500 (IEA, 2020). Fakta ini menandakan lemahnya pemahaman spasial siswa Indonesia yang berdampak langsung pada rendahnya capaian pembelajaran matematika, terutama pada topik geometri yang menuntut keterampilan representasi visual dan manipulasi ruang. Salah satu penyebab utama rendahnya kemampuan spasial tersebut adalah pendekatan pembelajaran yang masih konvensional, berpusat pada guru, dan minim pengalaman belajar visual interaktif. Studi oleh (Ananda Dwi Putri & Hanifah Fitriyani, 2024) menunjukkan bahwa kesulitan belajar matematika di tingkat sekolah dasar, termasuk dalam topik geometri, sering disebabkan oleh kurangnya media pembelajaran konkret dan interaktif yang dapat membantu siswa membangun pemahaman konseptual.

Perkembangan teknologi digital dewasa ini memberikan peluang baru bagi inovasi pembelajaran, salah satunya melalui penerapan *Augmented Reality* (AR). Teknologi AR memungkinkan integrasi antara objek virtual tiga dimensi dengan lingkungan nyata secara *real-time*, menciptakan pengalaman belajar yang imersif, kontekstual, dan interaktif (Pujiarti, 2025). Dalam konteks pendidikan, AR berfungsi sebagai media visual dinamis yang dapat meningkatkan keterlibatan siswa, memfasilitasi eksplorasi konsep, dan memperkuat pemahaman spasial (Azzahro dkk., 2025). Hasil penelitian oleh (Salsabila, 2025) menunjukkan bahwa penerapan AR dalam pembelajaran matematika terbukti mampu meningkatkan

motivasi, pemahaman konsep, serta kemampuan spasial siswa secara signifikan dibandingkan metode konvensional.

Tren global menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemanfaatan *Augmented Reality* (AR) di sektor pendidikan. (Kusuma & Muharom, 2024) dalam artikelnya “Transformasi Peran Pendidik dan Tren Pembelajaran Digital di Era Teknologi” menjelaskan bahwa perkembangan teknologi modern mendorong percepatan adopsi inovasi pembelajaran berbasis digital, termasuk teknologi imersif seperti AR dan VR, untuk mendukung proses belajar yang lebih interaktif dan kontekstual. Penerapan teknologi ini diproyeksikan akan terus berkembang seiring meningkatnya kebutuhan akan pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*) di era digital.

Di Indonesia, penerapan *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran matematika, khususnya pada materi geometri, terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan spasial siswa. Sebagai contoh, penelitian oleh (Septyana dkk., 2024) menunjukkan bahwa penggunaan AR dalam pembelajaran geometri secara signifikan mampu meningkatkan spatial reasoning siswa tingkat SMP (E-Journal). Namun, meskipun temuan kuantitatif dari berbagai penelitian tersebut telah mengonfirmasi adanya peningkatan kemampuan spasial, kajian kualitatif yang mengulas secara lebih mendalam tentang bagaimana AR memengaruhi proses berpikir spasial siswa masih sangat terbatas.

Kajian literatur internasional juga mengungkapkan bahwa sebagian besar aplikasi AR dalam pembelajaran belum didesain berdasarkan prinsip pedagogis yang bermakna. (Da Silva dkk., 2019) dalam kajian sistematis mereka menekankan bahwa meskipun AR memiliki potensi untuk meningkatkan pengalaman belajar interaktif, banyak aplikasi belum dievaluasi secara memadai dari perspektif pendidikan dan keterlibatan guru serta siswa. Selain itu, tantangan implementasi AR di Indonesia juga terletak pada kesiapan guru dan infrastruktur sekolah. (A. D. Anggraini, 2025) mencatat bahwa banyak guru masih mengalami kesulitan dalam mengintegrasikan teknologi pendidikan, termasuk AR, secara efektif sesuai prinsip Kurikulum Merdeka karena kurangnya pelatihan dan dukungan teknis.

Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara potensi teoritis AR dan realitas implementasinya di kelas. Padahal, jika dioptimalkan, AR dapat menjadi

sarana efektif untuk menjembatani kesenjangan antara konsep abstrak dan representasi konkret dalam pembelajaran geometri. Berdasarkan fenomena tersebut, diperlukan penelitian berbasis kajian literatur dengan pendekatan kualitatif untuk menggali secara mendalam peran AR dalam meningkatkan pemahaman spasial siswa.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis secara mendalam bagaimana AR dapat meningkatkan kemampuan spasial siswa serta mengidentifikasi komponen pedagogis dan desain pembelajaran yang paling efektif dalam penggunaannya. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi berbagai strategi penerapan AR yang telah dikembangkan di berbagai negara agar dapat diadaptasi dalam konteks pendidikan matematika di Indonesia.

Kajian ini diharapkan mampu meninjau berbagai model pembelajaran berbasis AR yang telah dikembangkan, mengevaluasi efektivitasnya, serta mengidentifikasi strategi terbaik untuk diterapkan dalam pembelajaran geometri di Indonesia. Secara teoretis, penelitian ini berkontribusi terhadap pengembangan teori pembelajaran konstruktivistik berbasis teknologi visual interaktif, khususnya dalam peningkatan kemampuan spasial. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pendidik, pengembang kurikulum, dan pembuat kebijakan dalam mengintegrasikan AR secara efektif, kontekstual, dan selaras dengan kebijakan transformasi digital pendidikan nasional. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memperluas pemahaman tentang interaksi manusia dan teknologi dalam konteks pendidikan matematika serta memberikan dasar konseptual bagi penerapan AR yang lebih bermakna dan berkelanjutan di kelas.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: (1) Bagaimana peran teknologi Augmented Reality (AR) dalam meningkatkan pemahaman spasial siswa pada pembelajaran geometri? (2) Faktor-faktor apa saja yang memengaruhi keberhasilan penerapan AR dalam konteks pembelajaran geometri di sekolah?

B. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kajian pustaka (*library research*) dengan metode *Systematic Literature Review* (SLR) untuk mengkaji peran Augmented Reality (AR) dalam meningkatkan pemahaman spasial siswa pada

pembelajaran geometri. Pendekatan SLR bertujuan untuk mengidentifikasi, meninjau, dan mengevaluasi penelitian-penelitian terdahulu secara sistematis agar dapat menjawab pertanyaan penelitian secara komprehensif (Triandini dkk., 2019). Proses penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang meliputi pencarian literatur, penentuan kriteria inklusi dan eksklusi, pemilihan literatur yang relevan, penyajian serta analisis data, dan diakhiri dengan penarikan kesimpulan.

Pencarian literatur dilakukan melalui beberapa basis data akademik terpercaya, yaitu Google Scholar, ScienceDirect, Taylor & Francis Online, SpringerLink, ERIC, dan Garuda (Garba Rujukan Digital). Kata kunci yang digunakan mencakup istilah seperti *“Augmented Reality”*, *“Geometry Learning”*, *“Spatial Ability”*, dan *“Mathematics Education”*. Pencarian dibatasi pada artikel yang diterbitkan antara tahun 2020 hingga 2025 agar kajian tetap relevan dengan perkembangan teknologi dan pendekatan pembelajaran terkini.

Artikel yang terpilih berasal dari jurnal internasional bereputasi terindeks Scopus serta jurnal nasional terakreditasi minimal SINTA 4, sehingga dapat memastikan bahwa literatur yang dianalisis memiliki kualitas akademik yang baik dan relevan dengan topik penelitian.

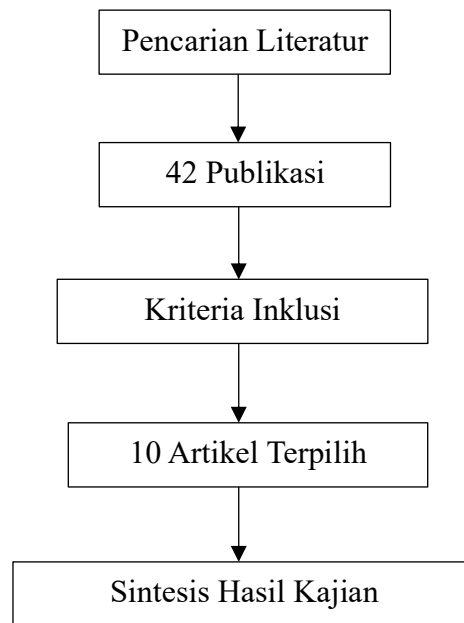
Kriteria inklusi yang diterapkan dalam penelitian ini meliputi artikel yang membahas penerapan AR dalam pembelajaran matematika atau geometri; penelitian yang mengkaji kemampuan spasial siswa, pemahaman konseptual, atau desain pembelajaran berbasis AR; publikasi yang diterbitkan dalam jurnal ilmiah bereputasi atau prosiding seminar nasional maupun internasional; serta artikel yang ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris dan dapat diakses dalam bentuk teks lengkap (*full-text*). Sementara itu, kriteria eksklusi meliputi artikel yang hanya berfokus pada aspek teknis pengembangan AR tanpa konteks pendidikan, publikasi duplikat dari penelitian yang sama, serta tulisan non-penelitian seperti editorial, komentar konseptual, atau artikel tanpa analisis data empiris.

Dari hasil penyaringan awal terhadap 42 publikasi yang ditemukan, diperoleh 10 artikel yang relevan sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan. Sepuluh artikel tersebut kemudian direkap dalam tabel ringkasan yang berisi informasi mengenai nama penulis, tahun publikasi, tujuan penelitian, metode, temuan utama, dan relevansi terhadap topik penelitian ini. Selanjutnya, seluruh artikel yang terpilih

dianalisis menggunakan pendekatan analisis kualitatif deskriptif, dengan fokus pada identifikasi pola dan tema-tema utama yang muncul dalam hasil penelitian terdahulu. Analisis difokuskan pada tiga aspek utama, yaitu (1) peran AR dalam meningkatkan pemahaman spasial siswa, (2) desain pembelajaran yang efektif menggunakan AR, dan (3) faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan implementasi AR dalam pembelajaran geometri.

Pada tahap akhir, peneliti melakukan sintesis hasil kajian dengan membandingkan temuan dari berbagai artikel untuk merumuskan pemahaman konseptual yang lebih mendalam mengenai bagaimana teknologi Augmented Reality berkontribusi terhadap pengembangan kemampuan spasial dalam konteks pembelajaran geometri. Hasil sintesis ini menjadi dasar dalam penyusunan kesimpulan dan rekomendasi terkait strategi integrasi AR yang efektif, kontekstual, dan berkelanjutan dalam pembelajaran matematika. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkaya pemahaman teoretis tentang hubungan antara AR dan kemampuan spasial, tetapi juga memberikan dasar praktis bagi pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi yang inovatif di masa depan.

Proses seleksi literatur dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis sesuai dengan tahapan Systematic Literature Review (SLR). Tahapan tersebut meliputi proses pencarian awal terhadap 42 publikasi dari berbagai basis data akademik, penyaringan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, hingga diperoleh 10 artikel yang relevan untuk dianalisis lebih lanjut. Setiap artikel yang terpilih dievaluasi berdasarkan kesesuaian topik, metode penelitian, serta kontribusinya terhadap kajian mengenai peran Augmented Reality dalam meningkatkan pemahaman spasial pada pembelajaran geometri. Diagram alur pada Gambar 1 berikut menggambarkan proses seleksi literatur yang dilakukan dalam penelitian ini, mulai dari pencarian awal hingga tahap sintesis hasil kajian.



Gambar 1. Alur Seleksi Literatur

C. Hasil dan Pembahasan

Perkembangan teknologi Augmented Reality (AR) dalam satu dekade terakhir telah mengubah paradigma pembelajaran matematika, khususnya pada topik geometri yang menuntut kemampuan visualisasi spasial tinggi. Sejumlah penelitian internasional dan nasional menunjukkan bahwa AR bukan hanya berperan sebagai media bantu visual, tetapi juga sebagai alat kognitif (cognitive tool) yang memperkuat cara siswa membangun pengetahuan secara aktif. Dalam konteks pembelajaran geometri, AR memfasilitasi siswa untuk memanipulasi objek tiga dimensi secara langsung, melakukan eksplorasi ruang, dan memahami hubungan antara bentuk, ukuran, serta orientasi objek dengan cara yang lebih intuitif dan kontekstual. Secara umum, hasil penelitian terdahulu memperlihatkan tiga tren utama:

1. Transformasi peran media pembelajaran. Penggunaan AR mendorong terjadinya pergeseran dari pembelajaran berbasis ceramah menjadi pembelajaran berbasis pengalaman (experiential learning). AR memungkinkan integrasi antara dunia nyata dan dunia maya, memberikan pengalaman visual dan kinestetik yang mendukung embodied cognition yakni belajar melalui interaksi langsung dengan objek virtual yang tampak nyata.

2. Dampak terhadap kemampuan spasial dan prestasi belajar. Studi lintas negara dan nasional menemukan peningkatan signifikan dalam kemampuan visualisasi spasial, rotasi mental, serta kemampuan representasi geometri setelah penggunaan media AR.
3. Integrasi AR dalam konteks budaya dan kurikulum. Pendekatan etnomatematika dalam AR menjadikan pembelajaran lebih bermakna dan relevan dengan kehidupan sehari-hari.

Berikut ringkasan hasil penelitian yang telah dikaji:

Tabel 1. Ringkasa Hasil Penelitian yang di Kaji

No	Penulis & Tahun	Judul Jurnal	Hasil Penelitian Utama
1	(Verdiatmoko & Pinandita, 2025)	Pengembangan Media Pembelajaran berbasis Augmented Reality pada Materi Pengenalan Bangun Ruang di SD Negeri 1 Purbalingga Wetan	Penggunaan media pembelajaran berbasis AR terbukti secara signifikan meningkatkan pemahaman, minat dan hasil belajar siswa pada pembelajaran geometri.
2	(Nadzri dkk., 2023)	The Effect of Using Augmented Reality Module in Learning Geometry on Mathematics Performance among Primary Students.	AR meningkatkan kemampuan berpikir spasial tiga dimensi dan motivasi belajar siswa.
3	(Del Cerro Velázquez & Morales Méndez, 2021)	Application in Augmented Reality for Learning Mathematical Functions: A Study for the Development of Spatial Intelligence in Secondary Education Students.	Aplikasi AR berbasis ponsel meningkatkan kecerdasan spasial dan pemahaman fungsi matematika siswa menengah.
4	(Ozcakir & Cakiroglu, 2021)	An Augmented Reality Learning Toolkit for Fostering Spatial Ability in Mathematics Lesson: Design and Development.	Toolkit AR berbasis marker efektif dalam mengembangkan keterampilan visualisasi spasial dan representasi objek 3D.
5	(Amin dkk., 2025)	Augmented Reality (AR) Sebagai Inovasi Media Pembelajaran Bangun Ruang di Sekolah Dasar Negeri Gajahmungkur 03	Penggunaan media pembelajaran berbasis AR terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep bangun ruang, motivasi belajar siswa, serta kompetensi teknologi guru.

No	Penulis & Tahun	Judul Jurnal	Hasil Penelitian Utama
6	(S. Anggraini dkk., 2020)	How to improve critical thinking skills and spatial reasoning with augmented reality in mathematics learning?	AR meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan penalaran spasial secara signifikan dalam konteks pembelajaran geometri.
7	(Krüger dkk., 2022)	Learning with augmented reality: Impact of dimensionality and spatial abilities.	Aplikasi AR geometri ruang membantu siswa memahami bentuk tiga dimensi secara konkret dan kontekstual.
8	(Yanuarto & Iqbal, 2022)	The Augmented Reality Learning Media to Improve Mathematical Spatial Ability in Geometry Concept.	Media AR berbasis Unity memperkuat pemahaman ruang dan meningkatkan minat belajar siswa SMP.
9	(Pangestu & Setyaningrum, 2020)	Instructional media for space geometry based on augmented reality to improve students' spatial reasoning.	Media AR membantu peningkatan kemampuan representasi spasial melalui visualisasi interaktif 3D.
10	(Gustina dkk., 2025)	Augmented Reality-Based Ethnomathematics Learning Media to Enhance Spatial Ability in 3D Geometry for Fifth Grade Elementary Students.	Integrasi nilai budaya lokal dan AR meningkatkan ketertarikan serta kemampuan spasial siswa sekolah dasar.

Berdasarkan hasil sintesis, dapat disimpulkan bahwa AR berperan sebagai media pembelajaran transformatif yang mendorong pembelajaran aktif dan kontekstual. AR meningkatkan kemampuan berpikir spasial, representasi visual, serta motivasi belajar siswa. Namun, keberhasilan implementasinya sangat bergantung pada kesiapan guru, infrastruktur teknologi, dan relevansi konteks pembelajaran dengan kehidupan siswa. Integrasi AR dengan Kurikulum Merdeka berpotensi memperkuat pembelajaran berbasis proyek dan kolaboratif dalam pendidikan matematika Indonesia.

1. Peran Teknologi Augmented Reality (AR) dalam Meningkatkan Pemahaman Spasial Siswa

Hasil analisis dari sepuluh jurnal menunjukkan bahwa penggunaan Augmented Reality (AR) memiliki kontribusi signifikan dalam peningkatan pemahaman spasial siswa pada pembelajaran geometri. Pemahaman spasial

yang dimaksud mencakup kemampuan untuk memvisualisasikan, memanipulasi, dan mentransformasi objek tiga dimensi dalam pikiran, yang menjadi inti dari berpikir geometri.

Studi internasional oleh (Verdiatmoko & Pinandita, 2025) menegaskan bahwa AR membantu siswa memahami hubungan spasial antara bentuk dan ruang melalui interaksi langsung dengan model geometri virtual. Pembelajaran yang bersifat imersif ini membuat siswa dapat membangun mental imagery yang lebih kuat dibanding metode konvensional berbasis gambar statis. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Nadzri dkk., 2023) yang menemukan peningkatan signifikan pada kemampuan berpikir spasial tiga dimensi siswa yang belajar dengan bantuan AR dibanding kelompok kontrol.

Lebih lanjut, (Del Cerro Velázquez & Morales Méndez, 2021) menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi AR pada fungsi matematika dan geometri tidak hanya meningkatkan kecerdasan spasial, tetapi juga membantu siswa memahami hubungan visual antar variabel dalam bidang koordinat. Penelitian (Ozcakir & Cakiroglu, 2021) bahkan mengembangkan AR Learning Toolkit yang terbukti mampu meningkatkan kemampuan representasi ruang sebesar 29% pada siswa menengah pertama.

Di konteks nasional, (Krüger dkk., 2022) membuktikan bahwa AR berbasis Android membantu siswa memahami bentuk ruang seperti kubus dan prisma dengan lebih konkret. (Yanuarto & Iqbal, 2022) melaporkan peningkatan skor kemampuan spasial setelah penggunaan media AR berbasis Unity 3D dalam topik bangun ruang. Selain itu, (Gustina dkk., 2025) menemukan bahwa integrasi nilai-nilai etnomatematika dalam AR memperkuat pemahaman spasial sekaligus meningkatkan keterlibatan siswa sekolah dasar terhadap materi 3D geometri.

Secara umum, AR memberikan tiga dampak utama terhadap peningkatan kemampuan spasial siswa, yaitu:

- a) Visualisasi dinamis dan interaktif, memungkinkan siswa memahami hubungan antar elemen geometri secara real-time.
- b) Peningkatan motivasi belajar, karena pengalaman belajar berbasis AR lebih menarik, kontekstual, dan imersif.

- c) Pembentukan representasi mental spasial yang lebih akurat, yang mendukung keterampilan berpikir logis dan analitis dalam pemecahan masalah geometri.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa teknologi AR berperan sebagai media pembelajaran inovatif yang efektif dalam meningkatkan kemampuan spasial siswa, karena mengubah pengalaman belajar geometri dari abstraksi menjadi pengalaman visual konkret yang memfasilitasi konstruksi konsep secara mandiri.

2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Keberhasilan Penerapan AR dalam Pembelajaran Geometri

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa efektivitas penerapan AR dalam pembelajaran geometri tidak hanya bergantung pada teknologi itu sendiri, melainkan juga pada faktor pedagogis, teknis, dan kontekstual yang memengaruhi proses belajar.

Dari sisi pedagogis, penelitian oleh (Del Cerro Velázquez & Morales Méndez, 2021) dan (Amin dkk., 2025) menegaskan bahwa desain pembelajaran berbasis AR harus disusun dengan pendekatan konstruktivistik, di mana siswa diberi kesempatan untuk mengeksplorasi, memanipulasi, dan merefleksikan objek virtual yang mereka lihat. AR paling efektif ketika dipadukan dengan problem-based learning atau experiential learning yang menekankan keterlibatan aktif siswa.

Faktor kompetensi guru juga menjadi kunci keberhasilan. Studi nasional oleh (Pangestu & Setyaningrum, 2020) menyoroti bahwa banyak guru masih kesulitan mengintegrasikan AR dalam kelas karena keterbatasan pelatihan teknologis. Guru yang memahami prinsip pedagogi teknologi (TPACK) dapat mendesain aktivitas belajar berbasis AR yang lebih bermakna dan sesuai tujuan pembelajaran.

Dari sisi teknis dan infrastruktur, kesiapan sekolah dalam menyediakan perangkat mobile, koneksi internet stabil, serta ruang digital yang memadai menjadi faktor penting. (S. Anggraini dkk., 2020) mencatat bahwa kendala teknis seperti perangkat yang tidak kompatibel dan kurangnya dukungan jaringan dapat menghambat efektivitas AR di sekolah-sekolah Indonesia.

Sementara dari sisi kontekstual, integrasi AR yang mempertimbangkan nilai lokal seperti etnomatematika (Gustina dkk., 2025) terbukti meningkatkan relevansi pembelajaran dan keterikatan siswa terhadap konteks budaya mereka. Pendekatan ini tidak hanya memperkuat kemampuan spasial, tetapi juga membangun makna konseptual yang lebih dalam.

Dengan demikian, keberhasilan implementasi AR sangat bergantung pada sinergi antara kesiapan guru, desain pedagogis yang tepat, dan dukungan teknologi yang memadai. Tanpa ketiganya, potensi AR sebagai alat transformasi pembelajaran geometri tidak dapat dioptimalkan sepenuhnya.

D. Kesimpulan

Berdasarkan kajian literatur terhadap sepuluh jurnal nasional dan internasional, dapat disimpulkan bahwa teknologi Augmented Reality (AR) berperan signifikan dalam meningkatkan pemahaman spasial siswa pada pembelajaran geometri. AR menyediakan pengalaman belajar imersif yang memungkinkan siswa memvisualisasikan objek tiga dimensi secara interaktif, memahami konsep abstrak secara konkret, serta membangun kemampuan berpikir spasial, logis, dan analitis. Selain itu, penerapan AR juga meningkatkan motivasi belajar, partisipasi siswa, dan hasil akademik pada topik geometri.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan adanya kajian longitudinal dan eksperimen lapangan yang mengevaluasi dampak jangka panjang penggunaan AR terhadap perkembangan kemampuan spasial siswa di berbagai jenjang pendidikan. Penelitian ke depan juga dapat mengkaji integrasi AR dengan pendekatan blended learning atau project-based learning, serta mengeksplorasi potensi penggunaan AI-AR adaptive systems yang mampu menyesuaikan tingkat kesulitan geometri berdasarkan kemampuan individual siswa. Upaya ini akan memperluas kontribusi AR dalam mewujudkan pembelajaran matematika yang adaptif, kontekstual, dan berkelanjutan di era digital.

Daftar Pustaka

- Amin, M. Z. A., Ansor, B., Solichan, A., Ramdani, A. P., Sari, N. C., Winarno, E., Febyliana, E., Rahmawati, D., & Fahri, F. (2025). AUGMENTED REALITY (AR) SEBAGAI INOVASI MEDIA PEMBELAJARAN BANGUN RUANG DI SEKOLAH DASAR NEGERI GAJAHMUNGKUR 03. *Jurnal Abdi Insani*, 12(8), 3992–4000. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v12i8.2822>
- Ananda Dwi Putri & Hanifah Fitriyani. (2024). Analisis Kesulitan Belajar Matematika Materi Geometri Pada Siswa Kelas 4 Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 2(1). <https://doi.org/10.47134/ppm.v2i1.1112>
- Anggraini, A. D. (2025). Integrasi Teknologi Pendidikan dalam Kurikulum Merdeka Berbasis Nilai-Nilai Pancasila. *Jurnal Kiprah Pendidikan*, 4(3), 402–410. <https://doi.org/10.33578/kpd.v4i3.p402-410>
- Anggraini, S., Setyaningrum, W., Retnawati, H., & Marsigit. (2020). How to improve critical thinking skills and spatial reasoning with augmented reality in mathematics learning? *Journal of Physics: Conference Series*, 1581(1), 012066. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1581/1/012066>
- Azzahro, L. T., Setyorini, P. D., Yuniar, R. A., & Sari, N. H. M. (2025). PERAN ALJABAR LINEAR DALAM AUGMENTED REALITY DAN VIRTUAL REALITY: SEBUAH SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW. *VIRTUAL REALITY*, 3(6). <https://doi.org/10.62281/v3i6.2040>
- Da Silva, M. M. O., Teixeira, J. M. X. N., Cavalcante, P. S., & Teichrieb, V. (2019). Perspectives on how to evaluate augmented reality technology tools for education: A systematic review. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 25(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s13173-019-0084-8>
- Del Cerro Velázquez, F., & Morales Méndez, G. (2021). Application in Augmented Reality for Learning Mathematical Functions: A Study for the Development of Spatial Intelligence in Secondary Education Students. *Mathematics*, 9(4), 369. <https://doi.org/10.3390/math9040369>
- Gustina, D. M., Mariana, N., & Wiryanto, W. (2025). Augmented Reality-Based Ethnomathematics Learning Media to Enhance Spatial Ability in 3D Geometry for Fifth Grade Elementary Students. *Journal of Innovation and Research in Primary Education*, 4(2), 273–280. <https://doi.org/10.56916/jirpe.v4i2.1229>
- Krüger, J. M., Palzer, K., & Bodemer, D. (2022). Learning with augmented reality: Impact of dimensionality and spatial abilities. *Computers and Education Open*, 3, 100065. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100065>

- Kusuma, Muh. T. A., & Muharom, F. (2024). Transformasi Peran Pendidik dan Tren Pembelajaran Digital di Era Teknologi. *Indonesian Journal of Community Engagement*, 1(2), 84–97. <https://doi.org/10.70895/ijce.v1i2.29>
- Nadzri, A. Y. N. M., Ayub, A. F. M., & Zulkifli, N. N. (2023). The Effect of Using Augmented Reality Module in Learning Geometry on Mathematics Performance among Primary Students. *International Journal of Information and Education Technology*, 13(9), 1478–1486. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.9.1952>
- Ozcakir, B., & Cakiroglu, E. (2021). An Augmented Reality Learning Toolkit for Fostering Spatial Ability in Mathematics Lesson: Design and Development. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 9(4), 145–167. <https://doi.org/10.30935/scimath/11204>
- Pamungkas, A. S., & Pramudya, I. (2025). *Adversity Intelligence as a Key to Successful Spatial Reasoning for Geometry Problem Solving*. 14(3). <https://doi.org/10.23887/jpi-undiksha.v14i3.94249>
- Pangestu, A., & Setyaningrum, W. (2020). Instructional media for space geometry based on augmented reality to improve students' spatial reasoning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1581(1), 012058. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1581/1/012058>
- Pujianti, A. (2025). *Penerapan Media Pembelajaran Augmented Reality (AR) Untuk Meningkatkan Hasil Belajar*. 1(1). <https://ejournal.papanda.org/index.php/regresi>
- Salsabila, A. (2025). Rancang Bangun Media Pembelajaran Pengenalan Bangun Ruang Berbasis Augmented Reality (AR) Pada SDN 24 Temmalebba. *Augmented Reality*, 7.
- Septyana, R., Nuzula, S. F., & Gusanti, Y. (2024). PENINGKATAN ASESMEN FORMATIF MELALUI PEMANFAATAN MEDIA GAMIFIKASI GIMKIT TERHADAP HASIL BELAJAR PESERTA DIDIK SMPN 24 MALANG. *Jurnal Integrasi dan Harmoni Inovatif Ilmu-Ilmu Sosial*, 4(4), 7. <https://doi.org/10.17977/um063v4i4p7>
- Triandini, E., Jayanatha, S., Indrawan, A., Werla Putra, G., & Iswara, B. (2019). Metode Systematic Literature Review untuk Identifikasi Platform dan Metode Pengembangan Sistem Informasi di Indonesia. *Indonesian Journal of Information Systems*, 1(2), 63. <https://doi.org/10.24002/ijis.v1i2.1916>
- Verdiatmoko, A. C., & Pinandita, T. (2025). PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS AUGMENTED REALITY PADA MATERI PENGENALAN BANGUN RUANG DI SD NEGERI 1 PURBALINGGA WETAN. *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (Jinteks)*, 7(1), 91–100. <https://doi.org/10.51401/jinteks.v7i1.5382>

Yanuarto, W. N., & Iqbal, A. M. (2022). The Augmented Reality Learning Media to Improve Mathematical Spatial Ability in Geometry Concept. *Edumatica : Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(01), 30–40.
<https://doi.org/10.22437/edumatica.v12i01.17615>