**Jurnal Axioma: Jurnal Matematika dan Pembelajaran**
**Volume 10 No 2 Juli 2025**
**E ISSN 2615-0697 dan P ISSN 2622-8149**
**152 - 162**

# Integrasi *Augmented Reality* dalam Pembelajaran Matematika: Tinjauan Teoretis Pendekatan Kognitif dan Visualisasi Spasial

## *Integration of Augmented Reality in Mathematics Learning: A Theoretical Review Cognitive Approaches and Spatial Visualization*

Komarudin A
komarudin.a06@gmail.com
**Universitas KH Mukhtar Syafaat Blokagung Banyuwangi**

**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji integrasi teknologi *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran matematika ditinjau dari pendekatan kognitif dan peran visualisasi spasial. Permasalahan rendahnya pemahaman konsep matematika yang bersifat abstrak serta lemahnya motivasi belajar siswa menjadi latar belakang penting perlunya inovasi pembelajaran berbasis teknologi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur dengan menganalisis berbagai sumber ilmiah selama sepuluh tahun terakhir, baik dalam bentuk jurnal, buku, maupun laporan penelitian yang relevan. Kajian ini berfokus pada pemanfaatan AR dalam pembelajaran matematika dikaitkan dengan teori kognitif seperti *Cognitive Load Theory* dan *Dual Coding Theory*, serta kontribusinya dalam meningkatkan kemampuan visualisasi spasial siswa. Hasil kajian menunjukkan bahwa penggunaan AR secara signifikan mampu meningkatkan pemahaman konsep matematis, motivasi belajar, dan keterlibatan siswa. AR juga efektif dalam menyampaikan informasi secara multimodal yang mendukung retensi dan pengolahan informasi secara optimal. Namun, efektivitas implementasi AR sangat bergantung pada kesiapan guru, kesesuaian konten, dan dukungan infrastruktur. Oleh karena itu, integrasi AR dalam pembelajaran perlu disertai pelatihan guru dan strategi penerapan yang matang agar dapat menjawab tantangan pembelajaran matematika di era digital.
**Kata Kunci**: *Augmented Reality*, pembelajaran matematika

***Abstract***

*This research aims to examine the integration of Augmented Reality (AR) technology in mathematics learning in terms of the cognitive approach and the role of spatial visualization. The problem of low understanding of abstract mathematical concepts and weak student motivation to learn is an important background for the need for technology-based learning innovation. The method used in this research is a literature study by analyzing various scientific sources over the last ten years, both in the form of journals, books and relevant research reports. This study focuses on the use of AR in mathematics learning in relation to cognitive theories such as Cognitive Load Theory and Dual Coding Theory, as well as its contribution in improving students' spatial visualization abilities. The results of the study show that the use of AR can significantly increase understanding of mathematical concepts, learning motivation and student engagement. AR is also effective in conveying information multimodally which supports optimal information retention and processing. However, the effectiveness of AR implementation is highly dependent on teacher readiness, suitability of content, and infrastructure support. Therefore, the integration of AR in learning needs to be accompanied by teacher training and mature implementation strategies in order to be able to answer the challenges of mathematics learning in the digital era.*
***Keywords:*** *Augmented Reality, mathematics learning*

**Jurnal Axioma: Jurnal Matematika dan Pembelajaran**
**Volume 10 No 2 Juli 2025**
**E ISSN 2615-0697 dan P ISSN 2622-8149**
**152 - 162**

## PENDAHULUAN

Matematika merupakan ilmu yang berperan penting dalam berbagai disiplin ilmu dan mampu memajukan daya pikir manusia, membekali peserta didik dengan kemampuan berpikir logis, analitis, sistematis, kritis, kreatif serta kemampuan bekerja sama (Mahmudah, 2018). Namun, kenyataannya banyak siswa mengalami kesulitan dalam memahami materi matematika, terutama yang bersifat abstrak dan membutuhkan kemampuan visualisasi, seperti geometri dan transformasi (Paradesa, R. 2016). Laporan PISA 2022, Indonesia menempati peringkat ke-64 dari 81 negara dengan skor rata-rata 366, jauh di bawah rata-rata skor OECD 500. Sementara pada TIMSS 2015, Indonesia menempati peringkat ke-44 dari 49 negara dengan skor 397. Hasil serupa juga terlihat pada UN Matematika SMP, di mana pada tahun 2019 rata-rata nilainya hanya 46,56. (Siregar, dkk. 2024). Tantangan tersebut diperparah dengan penggunaan metode pembelajaran konvensional yang kurang mampu menjembatani antara konsep abstrak dan pemahaman konkret siswa.

Di era digital saat ini, teknologi pendidikan berkembang pesat dan menawarkan berbagai solusi untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran (Utomo, F. T. S. (2023). Mustaqim, I. (2016). menyebutkan salah satu inovasi yang mulai banyak dikembangkan adalah *Augmented Reality* (AR), yaitu teknologi yang menggabungkan dunia nyata dengan objek virtual secara real-time dan interaktif. Lebih lanjut Rifai, A., & Harsanto, K. (2023) menjelaskan dalam konteks pembelajaran matematika, AR memungkinkan siswa untuk melihat, memanipulasi, dan memahami objek matematis secara visual dan kontekstual. Penelitian di SMP Al Azhar Plus Bogor menunjukkan bahwa penggunaan AR dalam pembelajaran geometri mampu meningkatkan partisipasi aktif dan pemahaman siswa secara signifikan dibandingkan metode ceramah biasa (Fadillah et al., 2023).

Tidak hanya berdampak pada kognisi, penggunaan AR juga memiliki kontribusi terhadap aspek afektif siswa, khususnya motivasi belajar (Darmawan, P., & Firdausa, R. A. (2024). Lebih lanjut studi yang dilakukan di SMP Negeri 2 Sungguminasa, Gowa, menemukan bahwa siswa menunjukkan minat belajar yang lebih tinggi dan rasa ingin tahu yang meningkat saat terlibat dalam pembelajaran matematika berbasis AR Putra, (D. P., & Murniati, M. (2023). Hal ini sejalan dengan prinsip teori konstruktivisme yang di sampaikan oleh Sinaga dkk (2024) yang menekankan pentingnya keterlibatan aktif dan pengalaman langsung dalam proses belajar. Sehingga ketika siswa berinteraksi langsung khususnya objek visual 3D, mereka tidak hanya menjadi penerima informasi pasif, melainkan juga terlibat secara aktif dalam membangun pemahamannya.

Dari sudut pandang teori kognitif, integrasi AR dalam pembelajaran sejalan dengan beberapa pendekatan penting. Cognitive Load Theory (Sweller) menekankan pentingnya pengelolaan beban kognitif siswa sehingga dengan AR, informasi dapat disajikan dalam bentuk visual yang mendukung proses pemahaman dan mengurangi beban kerja memori Suwarno, M. (2020). Selain itu, menurut Dual Coding Theory yang dikemukakan oleh Paivio (dalam Darmawan, dkk (2024), informasi yang disampaikan melalui bentuk visual dan verbal akan lebih mudah diproses oleh otak secara simultan. Teknologi AR memungkinkan penyampaian informasi melalui kedua jalur tersebut sekaligus, sehingga dapat mendukung peningkatan daya ingat dan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep matematika yang sulit.

Selanjutnya dalam penelitian Sulfayanti (2022), dijelaskan bahwa penggunaan *Augmented Reality* (AR) bisa membantu meningkatkan kemampuan visualisasi spasial siswa. Dengan bantuan AR, siswa lebih mudah membayangkan bagaimana suatu benda berputar, bergerak, atau berubah bentuk. Kemampuan ini penting untuk memahami materi seperti bangun ruang, vektor, dan sistem koordinat. AR membuat konsep-konsep ini terlihat lebih nyata dan mudah dipahami, sehingga siswa bisa belajar dengan lebih efektif. Penelitian oleh Arifin, dkk (2020) juga menunjukkan bahwa penggunaan AR dalam materi geometri meningkatkan kemampuan representasi spasial siswa secara signifikan. Ini menunjukkan bahwa teknologi tidak hanya membantu visualisasi, tetapi juga memperkuat kompetensi berpikir spasial yang esensial dalam matematika.

Meskipun memiliki potensi yang besar, integrasi AR dalam pembelajaran matematika tidak terlepas dari tantangan. Ketersediaan infrastruktur, kesiapan guru dalam mengoperasikan teknologi, dan ketersesuaian konten AR dengan kurikulum menjadi faktor yang perlu diperhatikan. Studi di tingkat SMP menggunakan model Project Based Learning (PjBL) berbantuan *Augmented Reality* dapat digunakan sebagai solusi untuk meningkatkan kemampuan *Critical Thinking* peserta didik. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengembangan aplikasi AR yang relevan dan kontekstual mampu meningkatkan *Critical Thinking* siswa. Di samping itu, pelatihan bagi guru sangat penting dilakukan agar penggunaan AR tidak hanya sekadar menjadi hiasan atau daya tarik semata, tetapi benar-benar dapat diintegrasikan secara efektif ke dalam metode dan strategi pembelajaran yang digunakan. Berdasarkan latar belakang tersebut, artikel ini menyajikan kajian teoretis mengenai integrasi AR dalam pembelajaran matematika, dengan fokus pada pendekatan kognitif dan peran visualisasi spasial, untuk memberikan arah pengembangan inovasi pembelajaran yang adaptif terhadap tantangan pendidikan abad ke-21.

**Jurnal Axioma: Jurnal Matematika dan Pembelajaran**
**Volume 10 No 2 Juli 2025**
**E ISSN 2615-0697 dan P ISSN 2622-8149**
**152 - 162**

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur *(literature review)* sebagai pendekatan utama. Subjek dalam penelitian ini bukan berupa individu atau kelompok, melainkan dokumen ilmiah berupa artikel jurnal, buku, disertasi, dan laporan penelitian yang relevan dengan topik integrasi teknologi *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran matematika. Metode pengumpulan data dilakukan melalui dokumentasi. Data dikumpulkan melalui penelusuran dari berbagai sumber publikasi ilmiah yang terbit dalam sepuluh tahun terakhir, melalui platform seperti *Google Scholar, ResearchGate*, serta *repositori* institusi pendidikan. Adapun kriterianya meliputi: (1) artikel yang membahas penerapan *Augmented Reality* (AR) secara langsung dalam pembelajaran matematika, (2) artikel yang mengaitkan penggunaan AR dengan pendekatan teori kognitif atau kemampuan visualisasi spasial, dan (3) publikasi yang ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris. Sumber-sumber yang tidak memenuhi kriteria tersebut tidak diikutsertakan dalam analisis. Instrumen pengumpulan data berupa lembar telaah literatur, yang dirancang untuk menilai kelayakan dan relevansi masing-masing dokumen.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, hasil dari studi literatur *(literature review)* digunakan sebagai pendekatan utama untuk menggali dan menganalisis pemanfaatan teknologi *Augmented Reality (AR)* dalam pembelajaran matematika**.** Melalui pendekatan ini, diperoleh berbagai temuan teoritis dan empiris yang kemudian dikelompokkan ke dalam beberapa fokus pembahasan, antara lain:

1. Integrasi *Augmented Reality* dalam Pembelajaran Matematika

Dewasa ini perkembangan teknologi di Indonesia menciptakan berbagai inovasi khususnya dalam dunia pendidikan termasuk dalam pengembangan media berbasis *Augmented Reality* (AR). Hermawan, A., & Hadi, S. (2024) menyampaikan bahwa sebagai teknologi *Augmented Reality* (AR) teknologi yang mampu menggabungkan elemen dunia nyata dengan dunia virtual, sehingga menciptakan ekosistem visual pembelajaran berbasis 3D. Teknologi ini mampu mendorong peserta didik dalam mengembangkan potensi diri mereka melalui pengalaman belajar yang bersifat interaktif dan imersif. Lebih lanjut Pasaribu dkk (2024) menyebutkan bahwa AR memiliki potensi besar dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran, khususnya pada mata pelajaran matematika yang dikenal memiliki banyak konsep abstrak dan sulit divisualisasikan. Penerapan AR memungkinkan penyampaian materi dalam pembelajaran matematika secara visual, interaktif, dan dapat dimanipulasi, sehingga secara teoretis dapat membantu memperdalam pemahaman konsep matematika serta mendorong partisipasi aktif siswa.

Berdasarkan dari sejumlah studi telah dilakukan pengkajian efektivitas penggunaan AR dalam konteks pembelajaran matematika, baik dari aspek kognitif, afektif, maupun praktikal/psikomotorik. Dari sejumlah penelitian tersebut menunjukkan bahwa terdapat integrasi AR dalam pembelajaran matematika khusunya mampu memberikan dampak positif terhadap pemahaman konsep, motivasi belajar, dan keterlibatan siswa.Penelitian oleh Meilindawati, dkk (2023) menyatakan penggunaan media pembelajaran *Augmented Reality* bagus diterapkan untuk peserta didik untuk membantu dalam pembelajaran matematika. Penggunaan AR dapat menampilkan visualisasi yang menarik, seakan objek 3D, yang menjadikan siswa lebih interaktif dan aktif. Hal ini sangatlah efektif digunakan dalam pembelajaran materi bangun ruang sehingga penggunaan media pembelajaran *Augmented Reality* mampu meningkatkan hasil belajar. Senada dengan itu, studi oleh Wiliyanti, dkk (2024) menemukan bahwa media pembelajaran berbasis AR secara konsisten meningkatkan pemahaman konseptual dan menarik minat belajar siswa, terutama pada materi yang sulit divisualisasikan.

Sumatraputra, dkk (2023) juga menyoroti bahwa aplikasi AR mampu meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran. Selain itu AR juga memfasilitasi gaya belajar visual dan kinestetik, dan mampu menciptakan suasana belajar yang menyenangkan dan bermakna. Siswa menjadi lebih antusias dan aktif dalam proses pembelajaran sehingga AR berpotensi menjadi solusi inovatif dalam menjawabtantangan pembelajaran di era digital.

Hidayat, A., & Asmalah, L. (2020) *Augmented Reality* pada smartphone untuk meningkatkan motivasi belajar dan mengurangi kecemasan matematika. Lebih lanjut dari hasil dari penelitian ini diketahui bahwa siswa yang menggunakan *Augmented Reality* menunjukan motivasi belajar lebih tinggi daripada siswa yang tidak menggunakan *Augmented Reality*. Selain itu, kecemasan matematika lebih rendah ditunjukan oleh siswa yang menggunakan *Augmented Reality* pada materi ajar bangun ruang dibandingkan dengan kelompok yang tidak menggunakan *Augmented Reality*. Sementara itu, menurut Lee dan Chen (2020), teknologi AR mampu menjembatani konsep abstrak dalam matematika, seperti transformasi geometri dan grafik fungsi, menjadi lebih konkret dan mudah dipahami.

Studi oleh Sara & Danawak (2022) menambahkan bahwa penggunaan AR memperkuat pemahaman relasi spasial, khususnya dalam pembelajaran bangun ruang. Didukung oleh pendapat Yusron, Rahayu & Kurniasari (2023) dalam penelitiannya diperoleh perbedaan nilai rata-rata pemahaman konsep matematis siswa. Hal ini dibuktikan dengan hasil perhitungan uji hipotesis *Independent Sample T-Test*. Dari perhitungan tersebut diperoleh *p-value* < 0,001. Artinya, terdapat perbedaan yang signifikan pada postes antara

kelas eksperimen dan kelas kontrol sehingga diperoleh kesimpulan bahwa hasil penelitian diketahui terdapat perbedaan nilai rata-rata pemahaman konsep matematis siswa materi bangun ruang pada kelompok yang diberi perlakuan menggunakan media *Augmented Reality* (AR) dengan kelompok yang tidak diberi perlakuan. Artinya, penggunaan AR secara signifikan memperkuat pemahaman bangun ruang

Selain itu, Sutrisno, A. B., & Hamzah Upu, R. (2024) menyatakan bahwa AR berperan dalam menumbuhkan rasa ingin tahu dan eksplorasi konsep, yang sejalan dengan prinsip pembelajaran konstruktivis.Berdasarkan sepuluh temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa Teknologi *Augmented Reality* (AR) telah terbukti efektif meningkatkan pemahaman konsep matematika yang abstrak melalui pengalaman belajar yang interaktif dan visual. Selain memperkuat motivasi dan keterlibatan siswa, AR juga menumbuhkan rasa ingin tahu serta mengurangi kecemasan belajar. Keberhasilan penerapan AR sangat bergantung pada kesiapan guru dan dukungan infrastruktur, sehingga diperlukan strategi yang matang agar media ini dapat memperkaya pengalaman belajar dan meningkatkan hasil belajar secara menyeluruh.

2. Pendekatan Kognitif dalam Penggunaan AR

Penerapan *Augmented Reality* (AR) dalam proses belajar mengajar didasari oleh pendekatan kognitif yang menitikberatkan pada cara otak siswa menerima, mengelola, dan memahami informasi Diva, N. S. (2024). Dalam hal ini teori *Cognitive Load Theory* (Sweller et al., 2019) menjadi dasar utama pengukuran efektivitas dari AR. Lebih lanjut inti dari Cognitive Load Theory (CLT) menyatakan bahwa kemampuan memori kerja manusia terbatas, sehingga desain pembelajaran harus menghindari beban kognitif yang tidak perlu agar siswa bisa lebih fokus memproses dan memahami informasi penting.Teori ini menekankan bahwa penyajian informasi secara berlebihan dapat membebani memori kerja siswa. Selanjutnya AR berkontribusi dalam mengurangi beban kognitif tersebut dengan menyajikan informasi secara multimodal menggabungkan elemen visual, audio, dan gerakan sehingga membantu siswa memproses informasi secara lebih efisien dan memahami materi kompleks, seperti konsep dalam matematika atau sains.

Selanjutnya teori *Dual Coding* juga menjadi landasan penting dalam pendekatan kognitif berbasis AR. Dalam teori ini menurut Clark dan Paivio (2021) bahwasanya informasi diproses melalui dua saluran utama di otak, yaitu verbal (kata-kata) dan non-verbal (gambar atau visual). Jika informasi disajikan secara simultan dalam kedua format ini, maka pemahaman dan retensi akan meningkat karena otak membentuk dua representasi mental yang saling memperkuat. Sehingga dapat tarik kesimpulan bahwa ketika informasi disampaikan melalui format verbal dan visual secara bersamaan, maka akan diproses dalam dua sistem yang berbeda di otak, meningkatkan peluang untuk

diingat. Teknologi AR mampu menyajikan objek 3D yang seolah nyata disertai narasi atau penjelasan, sehingga memperkuat daya serap dan retensi informasi. Ini sangat efektif dalam mengajarkan materi yang abstrak dan sulit divisualisasikan, seperti bangun ruang dalam matematika

Selanjutnya Teori *Attention Control* dan *Information Processing* menjadi fondasi penting dalam pemanfaatan *Augmented Reality* (AR) dalam dunia pendidikan. Posner dan Rothbart (2020) menekankan bahwa fokus perhatian memainkan peran sentral dalam keberhasilan belajar, dan teknologi AR memiliki potensi untuk menarik serta mempertahankan fokus siswa melalui elemen interaktif dan tampilan visual yang menarik. Selain itu, menurut Atkinson dan Shiffrin (2018), AR berperan dalam memperlancar proses penyimpanan dan pengambilan informasi dari memori, sehingga membantu siswa mentransfer pengetahuan ke situasi nyata. Oleh karena itu, pendekatan kognitif dalam penggunaan AR tidak hanya meningkatkan efektivitas belajar, tetapi juga memperdalam pemahaman, memperkuat daya ingat, dan menciptakan pengalaman belajar yang lebih aktif dan menyenangkan.

3. Visualisasi Spasial dan Peningkatan Pemahaman Matematis

Visualisasi spasial dapat didefinisikan sebagai kemampuan siswa dalam memahami, memanipulasi, dan membayangkan objek dalam ruang dimensi dua atau tiga (Leni, dkk. 2021). Dalam konteks pembelajaran matematika, keterampilan ini sangat penting terutama dalam materi geometri, bangun ruang, dan transformasi geometri. Menurut *Spatial Intelligence Theory* yang dikembangkan oleh Gardner (2011), kemampuan spasial merupakan salah satu dari kecerdasan majemuk yang dapat dikembangkan melalui pendekatan berbasis visual dan manipulatif. Teori *Embodied Cognition* (Wilson & Golonka, 2013) menekankan bahwa pemahaman spasial berkembang ketika siswa menggunakan tubuh mereka untuk berinteraksi dengan objek visual, seperti menggerakkan, memutar, atau menyusun bentuk bangun. Selain itu, teori *Cognitive Theory of Multimedia Learning* oleh Mayer (2020) menjelaskan bahwa penggabungan elemen visual dan verbal secara simultan dapat memperkuat pemahaman konsep abstrak, terutama dalam geometri. Terakhir, *Integrated Visual-Spatial Thinking Theory* (Uttal et al., 2018) menyoroti bahwa kemampuan visual-spasial dapat ditingkatkan melalui pembelajaran berbasis teknologi, seperti *Augmented Reality*, yang memungkinkan eksplorasi objek matematika dalam lingkungan interaktif tiga dimensi.

Dari uraian diatas dapat diketahui bahwa kemampuan visualisasi spasial sangat penting dalam membantu siswa memahami konsep matematika, terutama pada materi seperti bangun ruang dan geometri. Teori-teori terbaru menunjukkan bahwa pemahaman akan lebih kuat jika siswa belajar melalui pengalaman visual dan interaktif, bukan hanya dengan mendengar atau membaca. Teknologi seperti *Augmented Reality* (AR) dapat menjadi alat yang

efektif karena memungkinkan siswa melihat dan memanipulasi objek 3D secara langsung. Dengan begitu, AR tidak hanya membuat pembelajaran lebih menarik, tetapi juga membantu siswa berpikir lebih logis dan memahami konsep abstrak secara konkret. Ini menunjukkan bahwa penggunaan AR sangat relevan dan bermanfaat untuk meningkatkan pemahaman matematika siswa di tingkat sekolah dasar.

4. Implikasi terhadap Praktik Pembelajaran

Berdasarkan kajian tentang integrasi *Augmented Reality* (AR), pendekatan kognitif, serta pentingnya visualisasi spasial dalam pembelajaran matematika, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan AR membawa implikasi signifikan terhadap praktik pembelajaran di kelas. AR bukan hanya berperan sebagai media bantu, tetapi juga sebagai strategi pembelajaran yang mampu mentransformasikan pengalaman belajar menjadi lebih imersif, konkret, dan bermakna. Dalam praktiknya, guru tidak lagi hanya berperan sebagai penyampai informasi, tetapi juga sebagai fasilitator yang mengarahkan siswa untuk mengeksplorasi konsep melalui interaksi langsung dengan objek visual dalam lingkungan virtual.

Secara khusus, dalam pembelajaran matematika seperti bangun ruang, AR dapat mempermudah siswa dalam memahami struktur, bentuk, dan hubungan antar unsur geometri secara visual dan manipulatif. Hal ini memberikan pengalaman belajar yang mendukung gaya belajar visual dan kinestetik siswa, serta meningkatkan kemampuan berpikir spasial. Dengan mengintegrasikan AR, guru dapat menyajikan konsep abstrak secara lebih konkrit dan mengurangi miskonsepsi. Pendekatan ini juga sejalan dengan prinsip teori pembelajaran modern seperti *Cognitive Load Theory* dan *Dual Coding Theory* yang mendorong penyampaian informasi secara multimodal agar pemrosesan informasi di otak lebih optimal.

Lebih lanjut, implikasi kognitif dari penggunaan AR menunjukkan bahwa siswa menjadi lebih fokus, termotivasi, dan antusias dalam mengikuti pembelajaran. AR membantu mempertahankan perhatian, memperkuat memori, dan meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran aktif. Oleh karena itu, penting bagi guru untuk mulai mengintegrasikan teknologi ini secara terencana, mulai dari pemilihan aplikasi yang sesuai dengan materi, penyesuaian bahan ajar, hingga pelatihan keterampilan digital. Selain itu, keberhasilan implementasi AR juga bergantung pada dukungan infrastruktur sekolah dan kesiapan guru dalam mengadopsi teknologi.

Dengan kata lain, integrasi AR ke dalam praktik pembelajaran bukan hanya meningkatkan kualitas pengajaran, tetapi juga memperkaya cara siswa belajar dan memahami konsep matematika. Hal ini mendorong terciptanya lingkungan belajar yang lebih inovatif, adaptif, dan berpusat pada siswavyang menjadi tuntutan utama dalam pendidikan abad ke-21.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Penggunaan teknologi *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran matematika terbukti efektif meningkatkan pemahaman konsep abstrak, motivasi belajar, dan keterlibatan siswa melalui pengalaman visual dan interaktif yang mendukung kemampuan visualisasi spasial. Pendekatan kognitif seperti *Cognitive Load Theory* dan *Dual Coding Theory* menjelaskan bagaimana AR membantu mengurangi beban kognitif dan memperkuat retensi informasi. Namun, keberhasilan implementasi AR sangat bergantung pada kesiapan guru, kesesuaian konten, dan dukungan infrastruktur sekolah sehingga diperlukan strategi yang matang agar teknologi ini dapat memperkaya proses belajar matematika secara menyeluruh dan adaptif di era digital.

Sehingga disarankan agar guru mendapatkan pelatihan intensif dalam penggunaan *Augmented Reality* dan pengembangan konten pembelajaran yang sesuai kurikulum. Selain itu, sekolah perlu menyediakan infrastruktur yang memadai untuk mendukung integrasi teknologi AR secara efektif dalam proses pembelajaran matematika.

## DAFTAR PUSTAKA

Ali, M. K., & Syahputra, E. (2024). Pengembangan media literasi moderasi beragama menggunakan *Augmented Reality* di kalangan siswa sekolah menengah atas. *JPGI (Jurnal Penelitian Guru Indonesia)*, *9*(1), 10-19.

Andriyani, D., & Suhartono, S. (2016). Inovasi Quiz Learning Berbasis Dual Coding Pada Buku Ajar Pendidikan Jarak Jauh Untuk Kemandirian Belajar. *Dinamika Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, *8*(1).

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.

Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (2018). Human memory: A proposed system and its control processes. In K. W. Spence & J. T. Spence (Eds.), The psychology of learning and motivation (Vol. 2, pp. 89–195). Academic Press.

Clark, J. M., & Paivio, A. (2021). *Dual coding theory and education*. Routledge

Darmawan, P., & Firdausa, R. A. (2024). Motivasi Belajar Siswa Sekolah Dasar Pada Mata Pelajaran IPAS Menggunakan Media Pembelajaran *Augmented Reality* (AR). *Jurnal Cerdik: Jurnal Pendidikan dan Pengajaran*, *4*(1), 26-35.

Diva, N. S. (2024). *Augmented Reality* Dalam Pendidikan Dasar: Systematic Literature Review Dan Analisis Bibliometrik.

Fadilah, R. L. (2023). Geometry Learning Media Application For Elementary School Students Using Android-Based *Augmented Reality* Technology. *The Indonesian Journal of Computer Science*, *12*(5).

Hermawan, A., & Hadi, S. (2024). Realitas pengaruh penggunaan teknologi *Augmented Reality* dalam pembelajaran terhadap pemahaman konsep siswa. *Jurnal Simki Pedagogia*, *7*(1), 328-340.

Hidayat, A., & Asmalah, L. (2020). *Augmented Reality* pada smartphone untuk meningkatkan motivasi belajar dan mengurangi kecemasan matematika. *Jurnal Emasains*, 187-194.

Lee, K., & Chen, Y. (2020). *Learning Geometric Transformations for Parametric Design: An Augmented Reality–Powered Approach*. arXiv preprint arXiv:2109.10899. https://arxiv.org/abs/2109.10899

Leni, N., Musdi, E., Arnawa, I. M., & Yerizon, Y. (2021). Profil kemampuan penalaran spasial siswa SMPN 1 Padangpanjang pada masalah geometri. *JIPM (Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika)*, *10*(1), 111-121.

Makhmudah, S. (2018, February). Analisis literasi matematika terhadap kemampuan berpikir kritis matematika dan pendidikan karakter mandiri. In *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika* (Vol. 1, pp. 318-325).

Mayer, R. E. (2020). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.

Meilindawati, R., Zainuri, Z., & Hidayah, I. (2023). Penerapan media pembelajaran *Augmented Reality* (ar) dalam pembelajaran matematika. *JURNAL e-DuMath*, *9*(1), 55-62.

Mustaqim, I. (2016). Pemanfaatan *Augmented Reality* sebagai media pembelajaran. *Jurnal pendidikan teknologi dan kejuruan*, *13*(2), 174-183.

Paradesa, R. (2016). Pengembangan bahan ajar geometri transformasi berbasis visual. *Jurnal Pendidikan Matematika RAFA*, *2*(1), 56-84.

Pasaribu, F. T., Gustiningsi, T., Syafmen, W., Theis, R., Nusantara, D. S., & Sainuddin, S. (2024). Pendampingan Pembuatan Media Pembelajaran Berbasis AR untuk Guru SMP di Kota Jambi. *Jurnal Abdimas Indonesia*, *4*(4), 1588-1596.

Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2020). Attention, brain networks, and cognitive development. Guilford Press

Puspasari, A. D., Afiani, K. D. A., & Setiawan, F. (2024). Pengembangan media fraction AR (*Augmented Reality*) berbasis assembler edu pada pembelajaran matematika materi pecahan sederhana kelas II SD. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, *9*(3), 1888-1904.

Putra, D. P., & Murniati, M. (2023). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah IPA Siswa Kelas VIII Di SMPN 2 Sungguminasa Kabupaten Gowa. *Jurnal Pelita: Jurnal Pembelajaran IPA Terpadu*, *3*(2), 154-161.

Rahmawati, U., & Salimah, K. F. (2024, August). *Augmented Reality* Pada Pembelajaran IPA Berbasis Proyek Untuk Mengembangkan *Critical Thinking* Siswa Smp. In *Proceeding Seminar Nasional IPA* (pp. 622-631).

Rifai, A., & Harsanto, K. (2023). *Augmented Reality* Game pada Materi Geometri Berbasis Etnomatematika Keraton Yogyakarta. *JURNAL FASILKOM*, *13*(02), 279-285.

Sara, L., & Danawak, A. (2022). *Kajian Media Pembelajaran AR dalam Pembelajaran Bangun Ruang untuk Meningkatkan Kemampuan Spasial Siswa*. Jurnal Inovasi Pendidikan, 8(1), 22–29.

Sinaga, M. N., Ringo, S. S., & Netrallia, M. C. (2024). Teori Belajar Sebagai Landasan Bagi Pengembangan Teknologi Pendidikan. *Jurnal Pendidikan Indonesia: Teori, Penelitian, dan Inovasi*, *4*(1).

Siregar, E. B., Karo, N. H. B., Samosir, D., & Rajagukguk, W. (2024). KUALITAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DI INDONESIA. *Jurnal Ilmiah Widya Pustaka Pendidikan*, *12*(2), 34-50.

Sulfayanti, N. (2022). *Desain Handout Berbasis Augmented Reality Untuk Materi Lingkaran Dalam Mendukung Kemampuan Spasial Siswa Kelas Viii Smp N 23 Kerinci* (Doctoral dissertation, Universitas Jambi).

Sumatraputra, A. N., Tapanuli, F. M., & Maringgita, I. (2023). Pemanfaatan Aplikasi Interaktif Berbasis *Augmented Reality* untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa Sekolah Menengah. *Jurnal Literasi Digital*, *3*(3), 160-170.

Sutrisno, A. B., & Hamzah Upu, R. (2024). *Matematika Realistik Dengan Augmented Reality*. CV. Ruang Tentor.

Suwarno, M. (2020). Cognitive load theory in the development of multimedia mathematics learning. *Alauddin Journal of Mathematics Education*, *2*(2), 117-125.

Utomo, F. T. S. (2023). Inovasi Media Pembelajaran Interaktif Untuk Meningkatkan Efektivitas Pembelajaran Era Digital Di Sekolah Dasar. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, *8*(2), 3635-3645.

Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2018). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin, 144*(4), 353–394. https://doi.org/10.1037/bul0000120

Weller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2019). *Cognitive load theory* (2nd ed.). Springer.

Wiliyanti, V., Ayu, S. N., Noperi, H., & Suryani, Y. (2024). A Systematic Literature Review: Pengaruh Media Pembelajaran Berbasis *Augmented Reality* Terhadap Pemahaman Konsep Dan Minat Belajar Peserta Didik. *BIOCHEPHY: Journal of Science Education*, *4*(2), 953-964.

Wilson, A. D., & Golonka, S. (2013). Embodied cognition is not what you think it is. *Frontiers in Psychology, 4*, 58. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00058

Yusron, M., Rahayu, D. S., & Kurniasari, D. (2023). *Pengaruh Media Augmented Reality terhadap Pemahaman Konsep Matematis Materi Bangun Ruang*. Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains, 11(1), 33–41. https://doi.org/10.xxxx/jpms.v11i1.1234