



Penggunaan *Augmented Reality* dalam Pembelajaran Matematika: Sebuah Analisis Berdasarkan Studi Literatur

Meria Ultra Gusteti^{1✉}, Widdya Rahmalina², Khairul Azmi³, Asrina Mulyati⁴, Suci Wulandari⁵, Rahmatul Hayati⁶, Syariffan⁷, Nurazizah⁸

Pendidikan Matematika, Universitas Adzkia, Indonesia^{1,2,3,4,5,6,7,8}

e-mail : meria.ug@adzkia.ac.id¹, widdyyarahmalina@adzkia.ac.id², khairul_azmi@adzkia.ac.id³, a.mulyati@adzkia.ac.id⁴, suci.w@adzkia.ac.id⁵, s.syariffan@adzkia.ac.id⁷, azizahfajriah27@gmail.com⁸

Abstrak

Penelitian ini mengevaluasi aplikasi *Augmented Reality* (AR) dalam pendidikan matematika dan dampaknya. Dengan metode studi literatur, peneliti menyelidiki penerapan AR dalam pembelajaran matematika. Hasil menunjukkan AR memperkaya pengalaman belajar dengan meningkatkan keterlibatan siswa dan pemahaman, terutama dalam visualisasi konsep kompleks seperti geometri ruang dan grafik fungsi. AR juga meningkatkan motivasi siswa dan hasil belajar. Kemampuan AR mengonversi konsep abstrak menjadi visualisasi 3D memudahkan siswa memahami materi dari perspektif berbeda. AR juga mendukung siswa dengan kesulitan belajar, dengan menyajikan visualisasi yang memudahkan pemahaman konsep. Namun, terdapat tantangan dalam menerapkan AR, seperti kebutuhan sumber daya, pelatihan guru, dan integrasi ke kurikulum yang ada. Solusinya melibatkan pelatihan intensif bagi guru, peningkatan infrastruktur teknologi, dan riset lebih lanjut untuk materi AR khusus matematika. Sebagai kesimpulan, AR menawarkan potensi besar dalam pendidikan matematika, tetapi diperlukan kolaborasi antara peneliti, pendidik, dan praktisi untuk integrasi yang optimal.

Kata Kunci: Augmented Reality, Pembelajaran Matematika.

Abstract

This study evaluated the application of Augmented Reality (AR) in mathematics education and its impact. With the literature study method, researchers investigated the application of AR in mathematics learning. Results show AR enriches the learning experience by increasing student engagement and understanding, especially in the visualization of complex concepts such as space geometry and function graphing. AR also improves student motivation and learning outcomes. AR's ability to convert abstract concepts into 3D visualizations makes it easier for students to understand the material from different perspectives. AR also supports students with learning difficulties, by presenting visualizations that facilitate understanding concepts. However, there are challenges in implementing AR, such as resource requirements, teacher training, and integration into existing curricula. The solution involves intensive training for teachers, improved technology infrastructure, and further research for math-specific AR materials. In conclusion, AR offers great potential in mathematics education, but collaboration between researchers, educators, and practitioners is needed for optimal integration.

Keywords: Augmented Reality, Math Learning.

Copyright (c) 2023 Meria Ultra Gusteti, Widdya Rahmalina, Khairul Azmi, Asrina Mulyati, Suci Wulandari, Rahmatul Hayati, Syariffan, Nurazizah

✉ Corresponding author :

Email : meria.ug@adzkia.ac.id

DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v5i6.5963>

ISSN 2656-8063 (Media Cetak)

ISSN 2656-8071 (Media Online)

PENDAHULUAN

Dalam dekade terakhir, teknologi informasi telah mengalami perkembangan yang signifikan, menghadirkan inovasi yang berpotensi mengubah lanskap pendidikan matematika. Salah satu teknologi paling menjanjikan dalam konteks ini adalah *Augmented Reality* (AR). AR yang menggabungkan dunia nyata dengan elemen digital melalui perangkat seperti smartphone atau kacamata khusus, menawarkan cara baru bagi siswa untuk memahami konsep matematika yang kompleks.

Sejumlah penelitian telah mengeksplorasi potensi AR dalam pembelajaran matematika. AR dapat meningkatkan pemahaman siswa tentang geometri ruang, dengan memberikan representasi visual yang interaktif (Sheharyar et al., 2020). AR dapat membantu siswa dalam memvisualisasikan konsep-konsep abstrak matematika dan meningkatkan keterampilan pemecahan masalah mereka (Cai et al., 2019). AR juga dapat digunakan untuk meningkatkan keterlibatan siswa dalam pelajaran matematika, membuat materi lebih menarik dan relevan bagi mereka (Zhang et al., 2023).

Pandemi COVID-19, yang mendorong beralihnya pembelajaran ke model online, telah menyoroti pentingnya inovasi dalam pendidikan matematika. Selama pandemi, AR menjadi alat yang sangat berharga untuk mengajarkan konsep matematika kepada siswa dari rumah (Haas, 2021); (Rahman & Setyaningrum, 2022). AR dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dalam mata pelajaran matematika, terutama dalam topik-topik seperti aljabar dan trigonometri (Francisco & Méndez, 2021). Namun, sebagaimana teknologi lainnya, AR bukan tanpa tantangannya. Penerapan AR dalam pendidikan matematika memerlukan pemahaman mendalam tentang teknologi ini serta bagaimana mengintegrasikannya dengan metode pembelajaran yang efektif.

Oleh karena itu, artikel ini bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang penggunaan AR dalam pembelajaran matematika berdasarkan analisis studi literatur. Tujuannya adalah agar para pendidik dan stakeholder pendidikan lainnya dapat memahami manfaat, tantangan, dan cara terbaik untuk memanfaatkan AR dalam pengajaran matematika.

Mengacu pada tujuan tersebut, berikut rumusan pertanyaan penelitian ini:

1. Apa potensi yang ditawarkan oleh *Augmented Reality* (AR) dalam meningkatkan kualitas pembelajaran matematika berdasarkan temuan dari berbagai penelitian?
2. Manfaat apa saja yang telah diidentifikasi dari penerapan AR dalam pembelajaran matematika dan bagaimana dampaknya terhadap motivasi dan hasil belajar siswa?
3. Apa tantangan utama yang dihadapi oleh pendidik saat mengintegrasikan AR dalam pembelajaran matematika?
4. Bagaimana saran dari berbagai penelitian tentang cara terbaik untuk mengintegrasikan AR dalam pembelajaran matematika agar memberikan hasil maksimal bagi siswa?
5. Berdasarkan analisis dari berbagai penelitian, bagaimana prospek penggunaan AR dalam pembelajaran matematika di masa depan?

Literatur Review

Pemanfaatan teknologi dalam bidang pendidikan telah mengalami kemajuan signifikan. Salah satu teknologi yang telah mengambil alih perhatian para pendidik dan peneliti adalah *Augmented Reality* (AR). AR, dengan kemampuannya menggabungkan dunia nyata dengan unsur digital, memberikan pengalaman pembelajaran yang mendalam, terutama dalam bidang matematika.

Di dalam ranah matematika, AR dapat memainkan peranan penting dalam visualisasi konsep-konsep yang kompleks. Integrasi Geogebra AR secara positif mempengaruhi kinerja akademik dan keterampilan spasial siswa matematika (Widada et al., 2021). Dengan aplikasi AR, siswa dapat meningkatkan kemampuan spasial mereka dengan hasil belajar yang lebih baik dibandingkan pendekatan tradisional (Francisco &

Méndez, 2021). Selain itu toolkit pembelajaran AR dapat membantu dalam pembinaan kemampuan spasial siswa (Papanastasiou et al., 2019)(Wu et al., 2013); (Martín-Gutiérrez et al., 2015).

Mengenai siswa dengan kesulitan belajar, AR dapat memberikan dukungan pembelajaran yang menarik bagi demografi ini, terutama dalam bidang matematika (Dunleavy et al., 2009); (Martín-Gutiérrez et al., 2015); (Bacca et al., 2014). AR memberikan pengalaman belajar yang permanen dan membangun sikap positif terhadap matematika (Bujak et al., 2013). Meskipun AR memiliki potensi, masih diperlukan pendekatan yang lebih komprehensif dalam implementasinya untuk memaksimalkan manfaatnya bagi pembelajaran matematika.

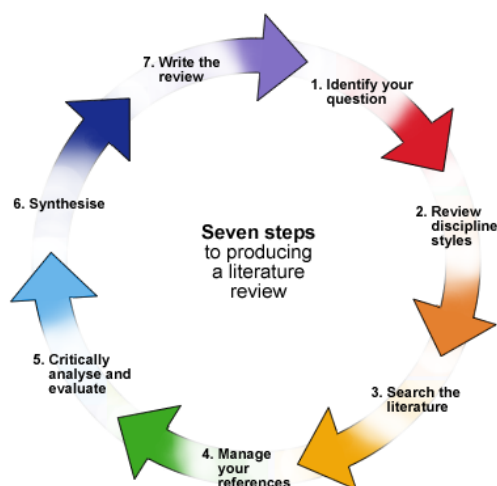
Interaksi antara teks, kecakapan matematika, dan AR dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran dan motivasi siswa (Elsayed & Al-Najrani, 2021); (Estapa & Nadolny, 2022). Media berbasis teknologi memainkan peran penting dalam pemahaman konsep matematika (Gusteti et al., 2021); (Gusteti et al., 2023). Pada bidang teknik yang terkait dengan matematika, AR dapat membantu menjelaskan konsep-konsep matematika yang teoretis (Fernández-Enríquez & Delgado-Martín, 2020).

Salah satu tren yang menarik adalah integrasi AR dengan Metaverse dalam pembelajaran matematika. Kombinasi ini dapat memperkaya pengalaman belajar matematika, dari meningkatkan minat siswa hingga hasil belajar yang lebih baik. Akhirnya, di bidang pembelajaran bahasa, terutama dalam konteks matematika, integrasi AR dapat meningkatkan kompetensi dan sikap digital guru matematika prajabatan (Taggart et al., 2023); (Marbán & Mulenga, 2022); (Gómez-García et al., 2021); (Sudirman et al., 2020).

Dengan berbagai literatur di atas, jelas bahwa AR memiliki potensi besar dalam pembelajaran matematika, baik dalam memvisualisasikan konsep, meningkatkan motivasi, atau mendukung siswa dengan kesulitan belajar. Sebagai kesimpulan, agar dapat memanfaatkan potensi AR sepenuhnya dalam pembelajaran matematika, penting bagi pendidik untuk memahami tantangan yang mungkin muncul dan berupaya mengatasi hal tersebut.

METODE

Dalam upaya untuk mendalami dampak dan potensi *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran matematika, penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif yang berfokus pada studi literatur. Analisis literatur dipilih karena memberikan peluang kepada peneliti untuk memahami bagaimana AR dapat diterapkan dalam konteks pembelajaran matematika, manfaatnya, hambatannya, serta rekomendasi berdasarkan bukti empiris yang telah ada.



Gambar 1. Diagram Metode untuk Penelitian Studi Literatur Review

Literatur yang digunakan dalam studi ini berasal dari artikel-artikel penelitian yang dipublikasikan dalam jurnal-jurnal internasional bereputasi. Kriteria inklusi utama adalah artikel yang membahas tentang penggunaan AR dalam pembelajaran matematika. Proses pemilihan artikel dimulai dengan pencarian di basis data seperti Scopus, Google Scholar, dan ERIC dengan kata kunci "*Augmented Reality*", "*Matematika*", dan "*AR dalam Pembelajaran Matematika*". Mengikuti metode yang disarankan oleh (Hendren et al., 2023), penelitian dibatasi pada artikel yang diterbitkan antara tahun 2010 hingga 2023 untuk memastikan relevansi kontemporer.

Setelah mengumpulkan artikel-artikel yang relevan, proses screening dilakukan untuk memastikan kesesuaian dengan tujuan dan pertanyaan penelitian. Selanjutnya, isi dari masing-masing artikel dianalisis dengan teliti. Teknik analisis tematik diaplikasikan untuk menemukan tema-tema penting yang berkaitan dengan penggunaan AR dalam pembelajaran matematika. Tema-tema ini kemudian digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian yang telah ditentukan.

Dalam proses analisis, penulis mengidentifikasi bagaimana AR dapat meningkatkan pemahaman konsep matematika, manfaat yang ditawarkan, hambatan dalam penerapannya, rekomendasi untuk integrasi yang lebih efektif, serta prospek AR dalam pembelajaran matematika di masa mendatang. Analisis komparatif digunakan untuk membandingkan temuan dari berbagai sumber (Alistair E. W & DPhil, 2018).

Dalam rangka memastikan keakuratan temuan, strategi triangulasi sumber diterapkan (Abdalla et al., 2018). Ini berarti temuan dari satu literatur divalidasi dengan temuan dari literatur lain. Penulis juga memastikan bahwa setiap artikel yang dimasukkan memiliki metodologi yang kuat, sesuai kriteria (Kamioka, 2019).

Penerapan metode analisis literatur ini memberikan pemahaman yang mendalam mengenai potensi dan tantangan AR dalam konteks pembelajaran matematika. Melalui evaluasi dan perbandingan temuan dari berbagai sumber, penulis bertujuan untuk menyajikan pandangan yang holistik dan berimbang terhadap topik ini, serta menyampaikan rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut dalam praktik dan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi *Augmented Reality* (AR) dalam Pembelajaran Matematika

Selama sepuluh tahun terakhir, *Augmented Reality* (AR) telah muncul sebagai teknologi yang menjanjikan dalam pembelajaran matematika. Berdasarkan analisis literatur, AR menunjukkan potensi yang signifikan untuk memperkaya pengalaman belajar dalam mata pelajaran ini (Tobar-Muñoz et al., 2017). Matematika, yang sering kali dianggap abstrak dan menantang bagi banyak siswa, dapat menjadi lebih dapat diakses dan menarik dengan integrasi AR. Konsep-konsep matematika diberikan konteks visual dan dinamis, memfasilitasi pemahaman yang lebih baik.

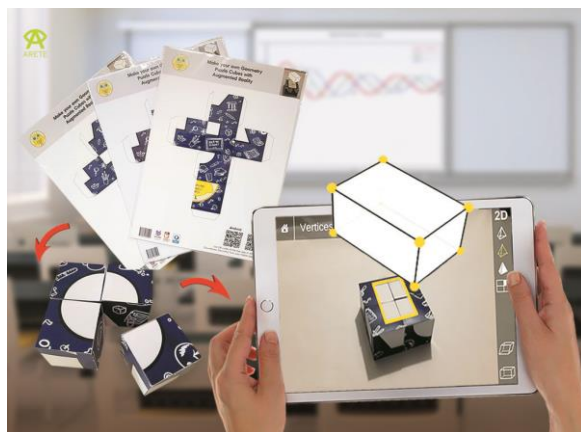
Implementasi TPACK berbantuan AR dapat meningkatkan keterampilan abad 21 (Bakri & Sunardi, 2022); (Tan et al., 2023). AR telah dikenal sebagai alat yang berpotensi meningkatkan pembelajaran matematika. Berdasarkan literatur, AR memungkinkan konsep matematika untuk disajikan dengan cara yang lebih kontekstual dan interaktif, yang pada akhirnya meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa (Estapa & Nadolny, 2022). Misalnya, dalam pembelajaran geometri, dengan AR siswa dapat berinteraksi langsung dengan bentuk-bentuk tiga dimensi, memungkinkan mereka untuk memahami konsep dari berbagai perspektif (İbili et al., 2020).

Alat ini tidak hanya memperkaya presentasi materi pembelajaran, tetapi juga memungkinkan siswa untuk berinteraksi dan bereksplorasi dengan konsep-konsep matematika dengan cara yang lebih mendalam (Papanastasiou et al., 2019). Seperti dalam pembelajaran aljabar, AR menyediakan platform bagi siswa untuk melihat perubahan grafik fungsi secara real-time ketika variabel diubah, memperdalam pemahaman tentang

hubungan antara fungsi dan grafiknya (Swidan et al., 2019). AR juga mempunyai potensi besar dalam aspek-aspek lain dari matematika. Seperti dalam pelajaran statistik dan probabilitas, AR menawarkan simulasi eksperimen yang memberikan visualisasi konkret tentang distribusi data dan konsep-konsep lainnya (Turkan et al., 2017).

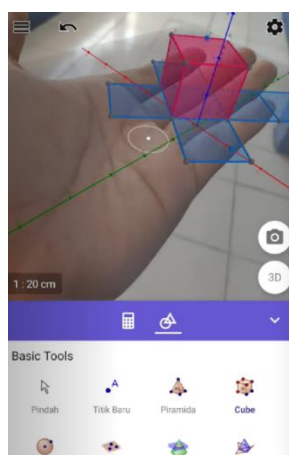
Selain itu, AR dapat meningkatkan motivasi belajar siswa dalam mata pelajaran matematika. Dengan menyajikan materi yang dinamis dan interaktif, AR menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik, yang pada gilirannya dapat meningkatkan retensi dan aplikasi pengetahuan (Uriarte-Portillo et al., 2023). Dengan bantuan AR, siswa lebih cenderung untuk berpartisipasi aktif, yang telah terbukti meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah (Dutta et al., 2023). Dari perspektif guru, AR memberikan alat untuk menyampaikan materi dengan cara yang lebih inovatif dan adaptif, memungkinkan pengalaman belajar yang lebih berkesan dan disesuaikan untuk setiap siswa (Fernandez, 2017); (Mystakidis et al., 2021).

Dengan kata lain, potensi *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran matematika membuka jalan untuk pendekatan yang lebih interaktif dan personal. Seiring dengan perkembangan teknologi dan penelitian berkelanjutan, implementasi AR di kelas matematika akan terus berkembang, memberikan manfaat yang lebih besar bagi siswa dan guru.



Gambar 2. Contoh Penggunaan AR dalam Pembelajaran Matematika

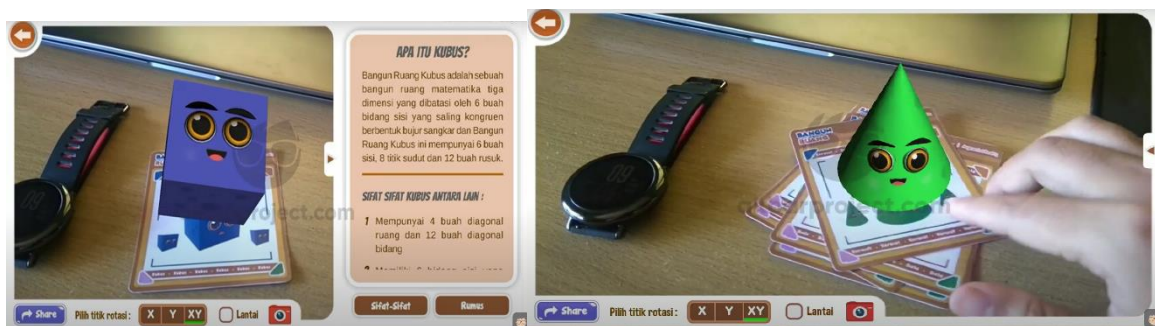
Di Gambar 2, bisa dilihat sebuah bangun ruang, misalnya sebuah balok, yang tampak melayang dengan bantuan teknologi AR. Balok tersebut ditampilkan dalam tampilan tiga dimensi dengan detail yang jelas, memungkinkan pengguna untuk melihat setiap sisi, sudut, dan fitur lain dari bangun tersebut.



Gambar 3. Contoh Penggunaan AR dalam Pembelajaran Matematika

Gambar 3 menggambarkan bagaimana teknologi AR, melalui aplikasi Geogebra, mampu mengubah cara kita memahami dan mengalami konsep matematika. Di tengah gambar, kita dapat melihat sebuah kubus tiga dimensi yang tampak melayang tepat di atas telapak tangan seseorang. Meskipun kubus tersebut hanya muncul di layar aplikasi, namun dengan bantuan AR, ia tampak seolah-olah berada di dunia nyata, seakan bisa disentuh dan diputar untuk dilihat dari berbagai sudut.

Secara keseluruhan, gambar ini memberikan gambaran tentang potensi integrasi antara teknologi AR dan alat pendidikan digital seperti Geogebra. Dengan kombinasi ini, proses belajar matematika tidak lagi hanya sebatas angka dan rumus di kertas, tetapi bertransformasi menjadi pengalaman tiga dimensi yang interaktif dan menarik.



Gambar 4. Contoh Penggunaan AR dalam Pembelajaran Matematika

Secara keseluruhan, Gambar 4 menggambarkan bagaimana teknologi AR dapat meningkatkan pengalaman belajar siswa dalam memahami konsep bangun ruang. Dengan visualisasi tiga dimensi dan fitur interaktif, siswa dapat memahami konsep-konsep matematika dengan cara yang lebih menarik dan efektif.

Dalam aljabar, AR, memungkinkan representasi dinamis dari grafik fungsi (Swidan et al., 2019). Siswa, dengan mengubah variabel, dapat langsung melihat dampaknya pada grafik, mendalami hubungan antara persamaan dan grafiknya. Selain itu, untuk konsep probabilitas dan statistik, AR memberikan konteks yang lebih konkret (Sung et al., 2021). Misalnya, dalam studi tentang distribusi peluang, AR memungkinkan simulasi eksperimen acak, memberi siswa kesempatan untuk menganalisis hasil dalam format grafis.

Singkatnya, dengan integrasi AR, tantangan intrinsik dalam pendidikan matematika seperti visualisasi dan abstraksi dapat diminimalisir (Pahmi et al., 2023). Ini, sekaligus meningkatkan pemahaman dan keterlibatan siswa, menegaskan potensi revolusi AR dalam pendidikan matematika untuk meningkatkan kualitas belajar.

Manfaat AR dalam Pembelajaran Matematika

Dalam konteks pembelajaran matematika, Augmented Reality (AR) menawarkan serangkaian manfaat yang mengesankan. Salah satu manfaat utama AR dalam matematika adalah peningkatan motivasi belajar siswa (Pahmi et al., 2023); (Widada et al., 2021); (Mystakidis et al., 2021). Dengan visualisasi konsep matematika yang dinamis dan interaktif, siswa menemukan materi yang sebelumnya dianggap abstrak dan sulit menjadi lebih aksesibel dan menarik. Ini secara inheren meningkatkan keterlibatan siswa dan hasrat untuk memahami konsep yang kompleks.

Studi literatur menunjukkan bahwa AR memiliki kapasitas untuk meningkatkan pemahaman konsep matematika, berkat kemampuannya dalam memvisualisasikan ide-ide abstrak (Sher et al., 2023). Materi seperti geometri, aljabar, dan kalkulus, yang biasanya memerlukan pemahaman ruang dan relasi antar komponen, menjadi lebih dimengerti dengan representasi tiga dimensi yang disediakan oleh AR.

AR menghadirkan simulasi interaktif dalam konteks matematika (Kaufmann, 2011). Siswa dapat berinteraksi dengan grafik atau bentuk geometri, memodifikasi variabel, dan langsung menyaksikan perubahan dalam real-time. Dengan melakukan ini, siswa diberi kesempatan untuk 'merasakan' matematika, bukan hanya memahaminya secara teoretis. AR berpotensi dalam mendukung kolaborasi di antara siswa dalam mata pelajaran matematika (Schutera et al., 2021). Saat menggunakan AR, siswa seringkali dianjurkan untuk bekerja dalam kelompok, mengeksplorasi konsep bersama, dan mencari solusi atas masalah matematika. Hal ini memperkaya keterampilan komunikasi dan kerja sama mereka, sambil memfasilitasi pemahaman matematika.

Selain itu, AR juga menyediakan platform untuk mempersonalisasi pembelajaran matematika. Dengan dengan AR, pendidik dapat menyesuaikan materi berdasarkan kebutuhan masing-masing siswa, mengakomodasi kecepatan dan gaya belajar yang berbeda, dan memastikan setiap individu mendapat pendekatan terbaik untuk pemahamannya (Kraut & Jeknić, 2015). Yang tak kalah penting, AR membantu menyajikan konsep matematika dalam konteks yang relevan dengan kehidupan sehari-hari siswa. Ini menciptakan pengalaman pembelajaran yang lebih berarti, di mana siswa dapat melihat hubungan antara konsep matematika dan dunia nyata, memperkuat retensi informasi dan pemahaman.

Secara keseluruhan, berdasarkan analisis literatur, AR memiliki dampak positif yang signifikan dalam pembelajaran matematika. Dengan menggabungkan interaktivitas, personalisasi, dan kontekstualisasi, AR berkontribusi pada pendekatan pembelajaran matematika yang lebih mendalam dan efektif.

Tantangan dalam Mengintegrasikan AR dalam Pembelajaran Matematika

Walaupun *Augmented Reality* (AR) memiliki potensi revolusioner dalam meningkatkan pemahaman konsep matematika, penggunaan teknologi ini tentu datang dengan serangkaian tantangan. Salah satu hambatan utama adalah kurangnya kesadaran dan pelatihan tentang AR di kalangan guru matematika (Barroso-Osuna et al., 2019); (Pombo & Marques, 2021); (Alzahrani, 2020); (Belda-Medina & Calvo-Ferrer, 2022). Hal ini mempengaruhi kemampuan mereka untuk memanfaatkan teknologi ini secara efektif.

Tantangan teknis, seperti kesulitan dalam menciptakan konten matematika AR yang berkualitas. Mengingat matematika sering melibatkan konsep yang kompleks dan abstrak, pengembangan konten AR yang efektif memerlukan pemahaman mendalam tentang materi serta keahlian teknis dalam AR. Penekanannya adalah pada kebutuhan pelatihan khusus bagi guru matematika. Meskipun mereka mungkin ahli dalam bidang mereka, banyak dari mereka yang belum diperkenalkan dengan AR. Tanpa pelatihan yang memadai, mereka mungkin menemui kesulitan dalam mengintegrasikan teknologi ini ke dalam kurikulum matematika.

Akses ke teknologi juga menjadi isu. Tidak semua sekolah memiliki akses ke perangkat keras AR yang diperlukan atau konektivitas internet yang handal (Williams & Lebsack, 2019). Hal ini khususnya relevan untuk sekolah di daerah terpencil atau kurang berkembang, di mana teknologi AR mungkin dianggap sebagai kemewahan. Pengembangan konten matematika AR berkualitas tinggi adalah tugas yang memerlukan sumber daya dan waktu. Oleh karena itu, ada kebutuhan mendesak untuk alat dan platform yang mempermudah proses ini, memungkinkan pendidik untuk menciptakan materi tanpa harus menjadi ahli teknologi. Selain itu, kekhawatiran terkait privasi dan keamanan juga harus diperhatikan. Seperti yang dijelaskan oleh Kipper & Rampolla, dengan AR, data siswa mungkin dikumpulkan dan digunakan tanpa persetujuan yang memadai. Hal ini menimbulkan pertanyaan tentang bagaimana informasi tersebut disimpan dan diakses (Alanne, 2016).

Dengan mempertimbangkan semua tantangan ini, penting bagi pendidik dan pemangku kebijakan untuk bekerja sama dalam mengatasi hambatan-hambatan ini. Dengan pemahaman yang mendalam tentang manfaat dan tantangan AR dalam pendidikan matematika, kita dapat memastikan bahwa teknologi ini diterapkan dengan cara yang paling menguntungkan bagi siswa dan pendidik.

Cara Mengintegrasikan AR ke dalam Pembelajaran Matematika

Dari analisis berbagai literatur, dapat ditarik beberapa rekomendasi tentang cara mengintegrasikan AR ke dalam pembelajaran matematika dengan efektif. Penting untuk memahami kebutuhan dan konteks pembelajaran siswa dalam mata pelajaran matematika. Ini berarti bahwa AR harus disesuaikan dengan materi matematika yang sedang diajarkan dan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai (İbili et al., 2020); (Bujak et al., 2013).

Adanya kebutuhan pelatihan khusus bagi guru matematika untuk memastikan efektivitas penggunaan AR. Dengan memahami konsep matematika dan teknologi AR, pendidik dapat menciptakan pengalaman belajar yang imersif dan mendalam bagi siswa. Pentingnya infrastruktur teknologi, seperti perangkat keras dan perangkat lunak yang sesuai, untuk memastikan penerapan AR yang lancar dalam kelas matematika. Salah satu strategi kunci dalam mengimplementasikan AR dalam pembelajaran matematika adalah melalui pelatihan guru yang menyeluruh dan merancang kurikulum yang memadukan AR dengan metode pembelajaran tradisional (Saltan & Arslan, 2017). Selain itu, pentingnya tujuan pembelajaran yang jelas dan relevan dengan materi matematika saat menggunakan AR.

AR harus dilihat sebagai alat pendukung untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep matematika, bukan sebagai gantinya (Estapa & Nadolny, 2022). Hal ini mengharuskan pendidik memahami bagaimana teknologi ini dapat diintegrasikan dengan materi matematika yang ada untuk mencapai hasil pembelajaran yang optimal.

Dari perspektif infrastruktur, penting bagi sekolah untuk memiliki peralatan yang sesuai dan memastikan akses yang setara bagi semua siswa. Penggunaan AR dalam matematika harus mencerminkan kesetaraan peluang belajar bagi semua siswa, tanpa membiarkan disparitas teknologi menghalangi pencapaian ini. Desain kurikulum juga menjadi krusial. Integrasi AR dalam pelajaran matematika harus dilakukan dengan cara yang komplementer terhadap metode pembelajaran lainnya, sehingga siswa mendapatkan pengalaman belajar yang holistik.

Evaluasi berkelanjutan memungkinkan pendidik untuk terus menerus memperbaiki dan menyesuaikan penggunaan AR dalam pembelajaran matematika. Dengan evaluasi yang rutin, pendidik dapat memastikan bahwa teknologi ini benar-benar memberikan nilai tambah dalam proses pembelajaran dan pemahaman konsep matematika siswa.

Prospek Penggunaan AR dalam Pembelajaran Matematika Masa Depan

Melihat arah perkembangan teknologi dan literatur yang ada, prospek AR dalam pembelajaran matematika tampak sangat menjanjikan. Dengan semakin canggihnya teknologi dan penelitian yang menunjukkan keberhasilan AR dalam membantu pemahaman konsep matematika, diharapkan teknologi ini akan semakin diterima dan diintegrasikan dalam pengajaran matematika di sekolah-sekolah di seluruh dunia. AR dapat memberikan pengalaman belajar matematika yang lebih interaktif dan mendalam bagi siswa, membuatnya menjadi alat penting dalam pendidikan matematika di masa mendatang.

Adopsi AR dalam pendidikan matematika akan mengalami pertumbuhan yang signifikan (Cai et al., 2019). Ketersediaan teknologi, ditambah dengan pemahaman mendalam tentang potensi AR dalam memfasilitasi pemahaman konsep matematika, memosisikannya sebagai inovasi yang penting di ruang kelas matematika masa depan. Ketika membahas tentang evolusi teknologi dalam konteks matematika, AR menjadi salah satu teknologi yang paling banyak dibahas. Penggunaan AR dalam pembelajaran matematika tidak hanya akan meningkat di negara maju, tetapi juga di negara berkembang yang tengah berinovasi dalam metode pengajaran matematikanya (Palancı & Turan, 2021).

Aksesibilitas teknologi menjadi faktor krusial. Seiring dengan semakin terjangkaunya perangkat AR dan platform pendukung, sekolah dan institusi pendidikan lainnya akan memiliki kesempatan lebih besar untuk menyematkan AR dalam kurikulum matematika mereka. Ini memberikan siswa kesempatan untuk menjelajahi konsep matematika dengan cara yang lebih interaktif dan imersif. Tentu saja, implementasi AR dalam pendidikan matematika juga hadir dengan tantangannya sendiri. Beberapa hambatan diantaranya kebutuhan pelatihan bagi guru matematika, tantangan dalam mengembangkan materi AR yang berkualitas tinggi untuk konsep matematika, dan isu-isu lainnya seperti privasi (Kaufmann, 2011). Namun, dengan penelitian yang terus dilakukan, diharapkan solusi akan ditemukan untuk mengatasi hambatan tersebut.

Menyimpulkan, berdasarkan literatur yang ada, AR memiliki potensi besar dalam mengubah lanskap pendidikan matematika. Dengan perkembangan teknologi dan penelitian yang mendukung, AR diperkirakan akan menjadi bagian integral dari pengajaran matematika di masa mendatang, memberikan siswa pengalaman belajar yang lebih kaya dan mendalam.

SIMPULAN

Berdasarkan analisis literatur, tampak jelas bahwa *Augmented Reality* (AR) menawarkan potensi signifikan dalam memperkaya pembelajaran matematika. Penerapan AR dalam pengajaran matematika dapat memperkuat pemahaman konsep, memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif, dan meningkatkan keterlibatan serta motivasi siswa dalam memahami materi. Namun, seperti teknologi inovatif lainnya, AR juga memiliki hambatannya dalam pembelajaran matematika, antara lain adalah kebutuhan pelatihan khusus bagi guru matematika, serta tantangan teknis dan kompatibilitas alat. Untuk memastikan keberhasilan integrasi AR dalam pendidikan matematika, guru perlu memiliki pemahaman mendalam tentang konsep matematika, menerima pelatihan yang tepat dalam penggunaan AR, dan didukung oleh perangkat dan *software* yang kompatibel. Menyongsong masa depan, AR memiliki potensi untuk mengubah paradigma dalam pembelajaran matematika, menawarkan pendekatan yang lebih dinamis dan imersif dalam mengajarkan konsep-konsep matematika.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Adzkie atas dukungan dan fasilitas yang diberikan, yang memungkinkan penulis untuk melaksanakan penelitian ini dengan lancar. Dukungan kampus telah menjadi landasan penting bagi kemajuan dan keberhasilan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdalla, M. M., Oliveira, L. G. L., Azevedo, C. E. F., & Gonzalez, R. K. (2018). Quality in Qualitative Organizational Research: types of triangulation as a methodological alternative. *Administração: Ensino e Pesquisa*, 19(1), 66–98. <https://doi.org/10.13058/raep.2018.v19n1.578>
- Alanne, K. (2016). An overview of game-based learning in building services engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 41(2), 204–219. <https://doi.org/10.1080/03043797.2015.1056097>
- Alistair E. W, J., & DPhil. (2018). A comparative analysis of sepsis identification methods in an electronic database. *HHS Public Access*, 46(4), 139–144. <https://doi.org/10.1016/b978-081551448-0.50008-0>
- Alzahrani, N. M. (2020). Augmented reality: A systematic review of its benefits and challenges in e-learning contexts. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(16). <https://doi.org/10.3390/app10165660>

- 2744 *Penggunaan Augmented Reality dalam Pembelajaran Matematika: Sebuah Analisis Berdasarkan Studi Literatur - Meria Ultra Gusteti, Widdya Rahmalina, Khairul Azmi, Asrina Mulyati, Suci Wulandari, Rahmatul Hayati, Syariffan, Nurazizah*
DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v5i6.5963>
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). International Forum of Educational Technology & Society Augmented Reality Trends in Education : A Systematic Review of Research and Applications. *Educational Technology*, 17(4), 133–149. <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.17.4.133>
- Bakri, F., & Sunardi, A. K. (2022). The TPACK Implementation in Physics Textbook with Augmented Reality: Enhance the 4C Skills at Mechanics Wave Concept. *Journal of Physics: Conference Series*, 2377(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2377/1/012080>
- Barroso-Osuna, J., Gutiérrez-Castillo, J. J., Llorente-Cejudo, M. C., & Ortiz, R. V. (2019). Difficulties in the incorporation of augmented reality in university education: Visions from the experts. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 8(2), 126–141. <https://doi.org/10.7821/naer.2019.7.409>
- Belda-Medina, J., & Calvo-Ferrer, J. R. (2022). Integrating augmented reality in language learning: pre-service teachers' digital competence and attitudes through the TPACK framework. *Education and Information Technologies*, 27(9), 12123–12146. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11123-3>
- Bujak, K. R., Radu, I., Catrambone, R., MacIntyre, B., Zheng, R., & Golubski, G. (2013). A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom. *Computers and Education*, 68, 536–544. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.017>
- Cai, S., Liu, E., Yang, Y., & Liang, J. C. (2019). Tablet-based AR technology: Impacts on students' conceptions and approaches to learning mathematics according to their self-efficacy. *British Journal of Educational Technology*, 50(1), 248–263. <https://doi.org/10.1111/bjet.12718>
- Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7–22. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9119-1>
- Dutta, R., Mantri, A., Singh, G., & Singh, N. P. (2023). Measuring the Impact of Augmented Reality in Flipped Learning Mode on Critical Thinking, Learning Motivation, and Knowledge of Engineering Students. *Journal of Science Education and Technology*, 32(6), 912–930. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10051-2>
- Elsayed, S. A., & Al-Najrani, H. I. (2021). Effectiveness of the Augmented Reality on Improving the Visual Thinking in Mathematics and Academic Motivation for Middle School Students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(8), 1–16. <https://doi.org/10.29333/ejmste/11069>
- Estapa, A., & Nadolny, L. (2022). The Effect of an Augmented Reality Enhanced Mathematics Lesson on Student Achievement and Motivation. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, September, 40–48. <https://doi.org/10.21891/jeseh.1059283>
- Fernández-Enríquez, R., & Delgado-Martín, L. (2020). Augmented reality as a didactic resource for teaching mathematics. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/app10072560>
- Fernandez, M. (2017). Augmented-Virtual Reality: How to improve education systems. *Higher Learning Research Communications*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.18870/hlrc.v7i1.373>
- Francisco, D. C. V., & Méndez, G. M. (2021). Application in augmented reality for learning mathematical functions: A study for the development of spatial intelligence in secondary education students. *Mathematics*, 9(4), 1–19. <https://doi.org/10.3390/math9040369>
- Gómez-García, G., Hinojo-Lucena, F. J., Alonso-García, S., & Romero-Rodríguez, J. M. (2021). Mobile learning in pre-service teacher education: Perceived usefulness of AR technology in primary education. *Education Sciences*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/educsci11060275>
- Gusteti, M. U., Jamna, J., & Marsidin, S. (2023). Pemikiran Digitalisme dan Implikasinya pada Guru Penggerak di Era Metaverse. *Jurnal Basicedu*, 7(1), 318–325. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i4.1230>

- 2745 *Penggunaan Augmented Reality dalam Pembelajaran Matematika: Sebuah Analisis Berdasarkan Studi Literatur - Meria Ultra Gusteti, Widdya Rahmalina, Khairul Azmi, Asrina Mulyati, Suci Wulandari, Rahmatul Hayati, Syariffan, Nurazizah*
DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v5i6.5963>
- Gusteti, M. U., Rifandi, R., Gustya Manda, T., & Putri, M. (2021). The development of 3D animated video for mathematics learning in elementary schools. *Journal of Physics: Conference Series*, 1940(1), 012098. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1940/1/012098>
- Haas, B. (2021). *in-Class To Outdoor Learning With Real-World Mathematical*.
- Hendren, K., Newcomer, K., Pandey, S. K., Smith, M., & Sumner, N. (2023). How qualitative research methods can be leveraged to strengthen mixed methods research in public policy and public administration? *Public Administration Review*, 83(3), 468–485. <https://doi.org/10.1111/puar.13528>
- İbili, E., Çat, M., Resnyansky, D., Şahin, S., & Billinghamurst, M. (2020). An assessment of geometry teaching supported with augmented reality teaching materials to enhance students' 3D geometry thinking skills. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 51(2), 224–246. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1583382>
- Kamioka, H. (2019). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (prisma-p) 2015 statement. *Japanese Pharmacology and Therapeutics*, 47(8), 1177–1185.
- Kaufmann, H. (2011). Virtual Environments for Mathematics and Geometry Education. *Themes in Science and Technology Education*, 131–152. <http://earthlab.uoi.gr/ojs/theste/index.php/theste/article/viewFile/60/42>
- Kraut, B., & Jeknić, J. (2015). Improving education experience with augmented reality (AR). *2015 38th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2015 - Proceedings*, 755–760. <https://doi.org/10.1109/MIPRO.2015.7160372>
- Marbán, J. M., & Mulenga, E. M. (2022). Pupils' Profiles of Social Media Usage in Mathematics with a Special Look at Facebook. *International Journal of Technology in Education*, 5(1), 132–153. <https://doi.org/10.46328/ijte.209>
- Martín-Gutiérrez, J., Fabiani, P., Benesova, W., Meneses, M. D., & Mora, C. E. (2015). Augmented reality to promote collaborative and autonomous learning in higher education. *Computers in Human Behavior*, 51(December), 752–761. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.11.093>
- Mystakidis, S., Fragkaki, M., & Filippousis, G. (2021). Ready teacher one: Virtual and augmented reality online professional development for k-12 school teachers. *Computers*, 10(10), 1–16. <https://doi.org/10.3390/computers10100134>
- Pahmi, S., Hendriyanto, A., Sahara, S., Muhaimin, L. H., Kuncoro, K. S., & Usodo, B. (2023). Assessing the Influence of Augmented Reality in Mathematics Education: A Systematic Literature Review. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 22(5), 1–25. <https://doi.org/10.26803/ijlter.22.5.1>
- Palancı, A., & Turan, Z. (2021). How Does the Use of the Augmented Reality Technology in Mathematics Education Affect Learning Processes?: A Systematic Review. *Uluslararası Eğitim Programları ve Öğretim Çalışmaları Dergisi*, 11(1), 89–110. <https://doi.org/10.31704/ijocis.2021.005>
- Papanastasiou, G., Drigas, A., Skianis, C., Lytras, M., & Papanastasiou, E. (2019). Virtual and augmented reality effects on K-12, higher and tertiary education students' twenty-first century skills. *Virtual Reality*, 23(4), 425–436. <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0363-2>
- Pombo, L., & Marques, M. M. (2021). Guidelines for teacher training in mobile augmented reality games: Hearing the teachers' voices. *Education Sciences*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/educsci11100597>
- Rahman, H. N., & Setyaningrum, W. (2022). Mathematics learning based on augmented reality: A relevant mathematics teaching content and enhanced student abilities. *AIP Conference Proceedings*, 2575(December). <https://doi.org/10.1063/5.0108248>
- Saltan, F., & Arslan, Ö. (2017). The use of augmented reality in formal education: A scoping review. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(2), 503–520.

- 2746 *Penggunaan Augmented Reality dalam Pembelajaran Matematika: Sebuah Analisis Berdasarkan Studi Literatur - Meria Ultra Gusteti, Widdya Rahmalina, Khairul Azmi, Asrina Mulyati, Suci Wulandari, Rahmatul Hayati, Syariffan, Nurazizah*
DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v5i6.5963>
- <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00628a>
- Schutera, S., Schnierle, M., Wu, M., Pertz, T., Seybold, J., Bauer, P., Teutscher, D., Raedle, M., Heß-Mohr, N., Röck, S., & Krause, M. J. (2021). On the potential of augmented reality for mathematics teaching with the application cleARmaths. *Education Sciences*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/educsci11080368>
- Sheharyar, A., Masad, E., & Srinivasa, A. (2020). Enhancing 3D spatial skills of engineering students using augmented reality. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings, 2020-June*. <https://doi.org/10.18260/1-2--34568>
- Sher, M., Ali, B., & Yasmeen, R. (2023). *The Role of Augmented Reality in Enhancing Spatial Understanding in Trigonometry THE ROLE OF AUGMENTED REALITY IN ENHANCING SPATIAL*. XI(August), 560–574.
- Sudirman, Mellawaty, Yanawati, R. P., & Indrawan, R. (2020). Integrating local wisdom forms in augmented reality application: Impact attitudes, motivations and understanding of geometry of pre-service mathematics teachers'. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 14(11), 91–106. <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i11.12183>
- Sung, S. H., Li, C., Chen, G., Huang, X., Xie, C., Massicotte, J., & Shen, J. (2021). How Does Augmented Observation Facilitate Multimodal Representational Thinking? Applying Deep Learning to Decode Complex Student Construct. *Journal of Science Education and Technology*, 30(2), 210–226. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09856-2>
- Swidan, O., Fried, M. N., Sabena, C., & Arzarello, F. (2019). Engaging Students in Covariational Reasoning within an Augmented Reality Environment. *Augmented Reality in Educational Settings, September 2021*, 1–447. <https://doi.org/10.1163/9789004408845>
- Taggart, S., Roulston, S., Brown, M., Donlon, E., Cowan, P., Farrell, R., & Campbell, A. (2023). Virtual and augmented reality and pre-service teachers: Makers from muggles? *Australasian Journal of Educational Technology*, 39(3), 1–16. <https://doi.org/10.14742/ajet.8610>
- Tan, L., Thomson, R., Koh, J. H. L., & Chik, A. (2023). Teaching Multimodal Literacies with Digital Technologies and Augmented Reality: A Cluster Analysis of Australian Teachers' TPACK. *Sustainability (Switzerland)*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/su151310190>
- Tobar-Muñoz, H., Baldiris, S., & Fabregat, R. (2017). Augmented Reality Game-Based Learning: Enriching Students' Experience During Reading Comprehension Activities. *Journal of Educational Computing Research*, 55(7), 901–936. <https://doi.org/10.1177/0735633116689789>
- Turkan, Y., Radkowski, R., Karabulut-Ilgu, A., Behzadan, A. H., & Chen, A. (2017). Mobile augmented reality for teaching structural analysis. *Advanced Engineering Informatics*, 34(September), 90–100. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2017.09.005>
- Uriarte-Portillo, A., Zatarain-Cabada, R., Barrón-Estrada, M. L., Ibáñez, M. B., & González-Barrón, L. M. (2023). Intelligent Augmented Reality for Learning Geometry. *Information (Switzerland)*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/info14040245>
- Widada, W., Herawaty, D., Nugroho, K. U. Z., & Anggoro, A. F. D. (2021). Augmented Reality assisted by GeoGebra 3-D for geometry learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1731(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1731/1/012034>
- Williams, J. C., & Lebsack, S. (2019). The Definitive Management Ideas of the Year from Harvard Business Review. In *Harvard Business Review*. www.hbr.org
- Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers and Education*, 62, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>
- Zhang, J., Huang, Y. T., Liu, T. C., Sung, Y. T., & Chang, K. E. (2023). Augmented reality worksheets in

- 2747 *Penggunaan Augmented Reality dalam Pembelajaran Matematika: Sebuah Analisis Berdasarkan Studi Literatur* - Meria Ultra Gusteti, Widdy Rahmalina, Khairul Azmi, Asrina Mulyati, Suci Wulandari, Rahmatul Hayati, Syariffan, Nurazizah
DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v5i6.5963>
- field trip learning. *Interactive Learning Environments*, 31(1), 4–21.
<https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1758728>
- Akbar Project, (2022), @akbar.project, [Augmented Reality Bangun Ruang | Jasa Media Interaktif & Game Edukasi -YouTube](#), <https://www.youtube.com/watch?v=yhYLD372uR8>, diakses tanggal 4 Oktober 2023
- [Bedain TV](#), (2020), @BedainTv, [Cara membuat video pembelajaran terbaru dengan augmented reality - YouTube](#), https://www.youtube.com/watch?v=_0dS8C2zaME, diakses tanggal 4 Oktober 2023