



Efektivitas Media *Augmented Reality* Berbasis *Microsite* Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis dan Penguasaan Konsep Siswa

Yendri Tri Hartati Napitupulu

Sekolah Menengah Pertama Negeri 2 Namang Bangka Tengah, Kepulauan Bangka Belitung, Indonesia

Correspondence Email: authoremail@example.com

Article Info

Received: March 15, 2026

Accepted: May 11, 2026

Published: July 30, 2026

Keywords

Augmented Reality;
Critical Thinking;
Concept;
Earth Structure;
Student.

Abstract

The advancement of information technology has driven innovation in learning, particularly for abstract topics such as Earth structure. Earth structure material is provided using 3-dimensional augmented reality (AR) media to display objects to make them more real and interesting. AR media has experienced developments, one of which is by integrating websites so that students can access the material at any time and discuss it in class. However, conventional teaching methods by using power point still dominate and often fail to effectively visualize concepts, resulting in low critical thinking skills and concept mastery among students. This study aims to examine the effectiveness of an augmented reality (AR) Microsite-based learning media in improving these skills. The research employed a research and development method using the ADDIE model. The subjects were 60 eighth-grade students of SMP Negeri 2 Namang. The results showed a significant improvement between pre-test and post-test scores, with an N-gain value greater than 0.77 (high category). These findings confirm that the integration of Microsite-based AR media is effective in improving critical thinking skills and mastery of concepts, while strengthening visual-interactive learning approaches in science education. This research recommends further development of augmented reality (AR)-based media for other abstract topics.

Kata Kunci	Abstrak
Augmented Reality; Berpikir Kritis; Penguasaan Konsep; Struktur Bumi; Siswa.	<i>Perkembangan teknologi informasi mendorong inovasi pembelajaran, terutama pada materi abstrak seperti struktur bumi. Materi struktur bumi diberikan dengan menggunakan media 3 dimensi augmented reality (AR) untuk menampilkan objek agar lebih nyata dan menarik. Media AR sudah mengalami perkembangan, salah satunya dengan mengintegrasikan website agar siswa dapat mengakses materi tersebut kapan saja dan mendiskusikannya di kelas. Namun, pembelajaran masih didominasi metode dan media konvensional berupa power point yang kurang memvisualisasikan materi sehingga berdampak pada rendahnya keterampilan berpikir kritis dan penguasaan konsep siswa. Penelitian ini bertujuan menguji efektivitas media augmented reality (AR) berbasis Microsite dalam meningkatkan kedua aspek tersebut. Metode yang digunakan adalah research and development dengan model ADDIE. Subjek penelitian terdiri dari 60 siswa kelas VIII SMP Negeri 2 Namang. Hasil analisis menunjukkan peningkatan signifikan antara pre-test dan post-test dengan nilai N-gain > 0,77 (kategori tinggi). Temuan ini menegaskan bahwa integrasi media AR berbasis Microsite efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan penguasaan konsep, sekaligus memperkuat pendekatan pembelajaran visual-interaktif dalam pendidikan sains. Penelitian ini merekomendasikan pengembangan media serupa pada materi abstrak yang lain.</i>

A. Introduction

Pesatnya perkembangan globalisasi dan era digital telah mendorong perubahan signifikan dalam berbagai sektor kehidupan, termasuk dalam dunia pendidikan. Transformasi ini tidak hanya mengubah cara manusia berinteraksi dan berkomunikasi, tetapi juga mengubah cara memperoleh, mengelola, dan menyebarkan pengetahuan. Perubahan ini menuntut sistem pendidikan untuk beradaptasi melalui pemanfaatan teknologi guna meningkatkan kualitas proses pembelajaran yang lebih efektif, efisien, dan relevan dengan kebutuhan abad ke-21. Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah membawa perubahan dalam berbagai aspek kehidupan termasuk aspek pendidikan (Akour & Alenezi, 2022).

Dalam konteks tersebut, pembelajaran tidak lagi berpusat pada guru (*teacher-centered*), melainkan beralih menjadi pembelajaran yang berpusat pada siswa (*student-centered learning*), dimana siswa dituntut untuk aktif dalam membangun pengetahuannya sendiri. Hal ini menuntut adanya inovasi dalam metode pembelajaran dan pengembangan media yang mampu memaksimalkan pemahaman siswa terhadap

konsep abstrak secara mendalam sekaligus mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan penguasaan konsep (Merma-molina et al., 2022). Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah *augmented reality* (AR), yang mampu menghubungkan objek virtual dengan lingkungan nyata secara interaktif. Penguasaan konsep menjadi aspek penting dalam pembelajaran, khususnya pada materi IPA yang bersifat kompleks dan abstrak (Nasir & Cari, 2022), karena tanpa pemahaman konsep yang baik, siswa akan mengalami kesulitan dalam mengaitkan materi dengan fenomena nyata di sekitarnya.

Dalam pembelajaran IPA, kemampuan memahami konsep tidak hanya sebatas mengingat fakta atau definisi, tetapi juga mencakup kemampuan menjelaskan, menginterpretasikan, dan mengaplikasikan konsep dalam berbagai situasi. Oleh karena itu, diperlukan strategi pembelajaran yang mampu menghadirkan pengalaman belajar yang bermakna (*meaningful learning*) sehingga siswa dapat membangun keterkaitan antara konsep yang dipelajari dengan pengalaman nyata. Salah satu materi yang memiliki tingkat kompleksitas tinggi dalam pembelajaran IPA adalah Struktur Bumi. Materi ini tidak hanya memerlukan pemahaman tentang lapisan-lapisan bumi, tetapi juga melibatkan proses-proses dinamis yang tidak dapat diamati secara langsung oleh siswa. Materi Struktur Bumi merupakan salah satu topik penting dalam memahami berbagai fenomena alam yang terjadi di sekitar kita (Cabello, 2022). Materi ini bersifat abstrak dan kompleks yang memerlukan pemahaman tentang lapisan bumi dan proses geologis yang terjadi di dalamnya (Bariroh et al., 2024), serta keterkaitannya dengan fenomena lain seperti lapisan atmosfer dan gelombang tsunami (Dehant et al., 2022). Kompleksitas materi ini seringkali menyebabkan siswa mengalami miskonsepsi, terutama ketika pembelajaran hanya disampaikan secara verbal atau melalui media dua dimensi.

Dalam praktik pembelajaran, penyampaian materi ini seringkali menjadi tantangan bagi guru maupun siswa, terutama dalam memvisualisasikan dan memahami konsep secara utuh. Guru seringkali mengalami kesulitan dalam menjelaskan fenomena yang tidak dapat diamati secara langsung, sementara siswa kesulitan membayangkan bentuk dan proses yang terjadi di dalam bumi. Tantangan bagi guru dan siswa ketika menggambarkan dan memahami konsep secara utuh sehingga diperlukan adanya inovasi pengembangan teknologi media belajar untuk menghubungkan konsep abstrak secara nyata (Daryanes et al., 2023). Ketika proses pembelajaran tidak mampu memfasilitasi konstruksi konsep secara optimal, siswa

cenderung mengandalkan hafalan ketimbang pemahaman utuh, sehingga pemahaman konseptual mereka terganggu (Markos Siahaan et al., 2023). Hal ini memberikan peluang bagi *augmented reality* (AR) untuk mendukung proses pembelajaran lebih mendalam dan bermakna. Oleh karena itu, diperlukan inovasi media pembelajaran yang mampu menjembatani konsep abstrak menjadi lebih konkret dan mudah dipahami.

Seiring dengan berkembangnya teknologi digital dalam dunia pendidikan, pemanfaatan media pembelajaran inovatif menjadi salah satu solusi dalam mengatasi kesulitan siswa memahami konsep abstrak. Konsep abstrak dapat direalisasikan menggunakan salah satu teknologi yang dapat menghubungkan objek virtual dengan lingkungan nyata adalah *augmented reality* (AR) (Gervasi et al., 2023). AR merupakan teknologi yang menggabungkan dunia maya dengan lingkungan nyata secara interaktif (Lai, 2022). Teknologi ini mampu mengangkat sebuah benda yang sebelumnya datar atau dua dimensi, seolah-olah menjadi nyata, bersatu dengan lingkungan sekitarnya (Zulfiqar et al., 2023). Pemanfaatan AR dalam pembelajaran IPA memiliki potensi besar dalam meningkatkan keefektifan dan keterlibatan siswa dalam memvisualisasikan konsep yang bersifat abstrak termasuk materi struktur bumi (Anggi et al., 2023). Interaksi dan keterlibatan siswa dalam penggunaan AR dapat membantu siswa dalam membangun pemahaman konsep tentang materi struktur bumi (Siahaan Markos Sardianto, 2024). Sehingga teknologi ini telah digunakan untuk menawarkan solusi bagi masalah yang dihadapi oleh pendidik dan untuk menciptakan lingkungan belajar yang interaktif dan dapat menjadi keunggulan dalam meningkatkan pembelajaran siswa.

Berbagai penelitian telah menunjukkan potensi *augmented reality* (AR) sebagai media visualisasi semata dan namun belum banyak mengintegrasikannya dalam platform pembelajaran yang sistematis, terstruktur, dan mudah diakses oleh siswa. Penelitian tersebut umumnya masih menempatkan *augmented reality* (AR) sebagai media visualisasi semata dan belum banyak mengintegrasikannya dalam platform pembelajaran yang menarik, sistematis lengkap dan mudah diakses oleh siswa. Padahal, integrasi teknologi dengan platform yang tepat sangat penting untuk mendukung keberlanjutan dan fleksibilitas proses belajar. Seiring dengan perkembangan teknologi, *website* juga menawarkan peluang untuk menyajikan materi pembelajaran secara terstruktur, interaktif, dan mudah diakses melalui *Microsite* (Adilah et al., 2025). *Microsite* sebagai media mini *website* menawarkan platform yang mudah diakses, praktis dan meningkatkan hasil belajar (Mustaqimah et al., 2023) yang

dapat diintegrasikan dengan konten *augmented reality* (AR) (Toomey et al., 2023). Meskipun demikian, kajian yang mengombinasikan *augmented reality* (AR) dengan *Microsite* dalam satu kesatuan media pembelajaran masih relatif terbatas khususnya pada materi struktur bumi.

Dalam pembelajaran abad ke-21, pengembangan media pembelajaran tidak hanya dituntut untuk meningkatkan penguasaan konsep, tetapi juga harus mampu mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi pada siswa. Pengembangan media pembelajaran tidak hanya berfokus pada penguasaan konsep, tetapi juga pada pengembangan keterampilan berpikir kritis (Pertiwi et al., 2024). Keterampilan berpikir kritis merupakan keterampilan yang sangat dibutuhkan karena dapat membantu siswa dalam menarik kesimpulan yang rasional dari hasil analisis pengamatan dan evaluasi (Raj et al., 2022), komunikasi serta penalaran yang tidak dapat dicapai hanya melalui hafalan (Kassiavera et al., 2024). Dengan menerapkan keterampilan berpikir kritis, siswa mampu menyelesaikan masalah secara sederhana serta selalu mencari solusi dari berbagai sudut pandang yang beragam (Angraeni et al., 2021). Oleh karena itu, media pembelajaran yang dikembangkan seharusnya tidak hanya menyajikan informasi, tetapi juga mampu menstimulasi proses berpikir tingkat tinggi melalui aktivitas interaktif.

Hasil studi pendahuluan dengan menggunakan indikator dari Ennis yang dilakukan pada seluruh siswa kelas 8 SMP Negeri 2 Namang sebanyak 79 siswa didapati bahwa tingkat keterampilan berpikir kritis berkategori rendah (Napitupulu et al., 2024). Temuan ini mengindikasikan bahwa siswa belum secara optimal melakukan aktivitas berpikir tingkat tinggi, seperti menganalisis informasi, mengevaluasi argumen, serta menarik kesimpulan secara logis dan sistematis. Rendahnya keterampilan berpikir kritis tersebut menjadi perhatian penting, mengingat kemampuan ini merupakan salah satu kompetensi utama yang harus dimiliki siswa dalam menghadapi tantangan pembelajaran abad ke-21. Selain itu, untuk memperkuat data yang diperoleh setelah survei studi pendahuluan, dilakukan wawancara dengan rekan sejawat guru untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai proses pembelajaran yang berlangsung. Berdasarkan hasil wawancara, diketahui bahwa guru telah memanfaatkan fasilitas teknologi seperti video pembelajaran dan *power point* dalam menyampaikan materi Struktur Bumi. Namun demikian, penggunaan media tersebut masih bersifat satu arah dan belum sepenuhnya dirancang untuk mendorong keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran. Konten yang

disajikan cenderung berfokus pada penyampaian informasi, sehingga kurang memberikan ruang bagi siswa untuk melakukan eksplorasi, analisis, maupun refleksi terhadap materi yang dipelajari. Kondisi ini berdampak pada rendahnya kemampuan siswa dalam mengonstruksi pemahaman konsep secara mandiri, serta kurang berkembangnya keterampilan berpikir kritis. Hal tersebut juga tercermin dari hasil ulangan harian siswa yang menunjukkan bahwa sebagian besar belum mencapai Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP), khususnya pada materi struktur bumi.

Berdasarkan penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa *augmented reality* (AR) efektif dalam meningkatkan visualisasi dan pemahaman konsep. Namun, masih terdapat tiga kesenjangan utama. Pertama, sebagian besar penelitian masih menempatkan *augmented reality* (AR) sebagai alat visualisasi yang berdiri sendiri tanpa diintegrasikan dalam platform pembelajaran digital yang terstruktur dan mudah diakses. Kedua, integrasi pedagogis media ini dalam lingkungan pembelajaran berbasis *student-centered learning* masih terbatas khususnya dalam mendorong konstruksi pengetahuan secara aktif. Ketiga, penelitian sebelumnya cenderung hanya berfokus pada salah satu aspek yaitu penguasaan konsep atau keterampilan berpikir kritis, dan belum mengkaji keduanya secara simultan.

Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan serta menguji media pembelajaran AR berbasis *microsite* terintegrasi yang tidak hanya menyajikan visualisasi interaktif tetapi juga menyediakan lingkungan pembelajaran digital yang sistematis. Integrasi ini menjadi kebaruan (*novelty*) penelitian karena menawarkan pendekatan yang komprehensif dalam meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan berpikir kritis secara bersamaan pada materi sains yang abstrak. Penelitian ini bertujuan menguji efektivitas media *augmented reality* (AR) berbasis *Microsite*.

B. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan produk berupa media pembelajaran serta menguji keefektifan produk tersebut (Huang et al., 2022). Model pengembangan yang digunakan adalah ADDIE yang terdiri dari lima tahap, *analyze* (analisis), *design* (desain), *develop* (pengembangan), *implement* (penerapan), dan *evaluate* (evaluasi/penilaian) (Lu & Meredith, 2022). Untuk menguji efektivitas produk yang dikembangkan, penelitian ini dilengkapi dengan desain kuasi-eksperimen menggunakan pendekatan *one-group*

pre-test post-test. Subjek dalam penelitian ini berjumlah 60 siswa kelas VIII SMP Negeri 2 Namang yang terdiri dari 30 siswa kelas VIIIB dan 30 siswa kelas VIIIC.

Data dikumpulkan menggunakan beberapa instrumen yaitu (1) angket validasi untuk menilai kelayakan media oleh ahli, (2) angket praktikalitas untuk mengetahui kemudahan penggunaan media, dan (3) instrumen *pre-test* dan *post-test* untuk mengukur keterampilan berpikir kritis dan penguasaan konsep siswa. Validitas instrumen diuji melalui *expert judgment*, sedangkan reliabilitas diuji menggunakan analisis konsistensi internal. Selain itu, analisis pemodelan *Rasch* menggunakan perangkat lunak *WINSTEPS* dilakukan untuk melihat distribusi kemampuan siswa dan karakteristik butir soal. Data yang dikumpulkan terdiri dari data kualitatif dan kuantitatif (Helaluddin et al., 2022). Data kualitatif diperoleh dari saran dan masukan validator untuk penyempurnaan produk, sedangkan data kuantitatif diperoleh dari hasil angket validitas, praktikalitas, serta skor *pre-test* dan *post-test* siswa.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis berdasarkan aspek efektivitas. Analisis efektivitas dilakukan menggunakan skor *N-gain* untuk mengetahui peningkatan hasil belajar siswa pada keterampilan berpikir kritis dan penguasaan konsep. *N-gain* dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$N - gain = \frac{Skor\ Posttest - Skor\ Pretes}{Skor\ maksimum - Skor\ pretes}$$

Selanjutnya *N-gain* tersebut di konversi dalam kategori indeks gain dengan melihat tabel 1 dibawah ini (Puspita Sari et al., 2022):

Tabel 1. Kategori Indeks *N-gain* Score

No.	Nilai N-Gain	Kategori	Predikat Efektivitas
1.	$\geq 0,7$	Tinggi	Sangat Efektif
2.	$0,3 - 0,7$	Sedang	Efektif
3.	$< 0,3$	Rendah	Kurang Efektif

C. Hasil dan Pembahasan

1. Hasil

Bagian ini menyajikan temuan penelitian berdasarkan data kuantitatif yang diperoleh dari hasil *pre-test*, *post-test* dan analisis *Rasch* secara deskriptif tanpa interpretasi teoritis. Produk kemudian dapat diuji dalam pembelajaran untuk mengetahui efektivitas produk melalui *pre-test* dan *post-test* terhadap penguasaan

konsep dan keterampilan berpikir kritis. Hasil data *pre-test* dan *post-test* dapat dilihat pada tabel 2 dan 3 berikut.

Tabel 2. Data Hasil *Pre-test* – *Post-test* Penguasaan Konsep

No	Data Hasil Penelitian	Rata-rata	N-Gain
1.	Nilai <i>Pre-test</i>	30,33	0,77
2.	Nilai <i>Post-test</i>	82,17	

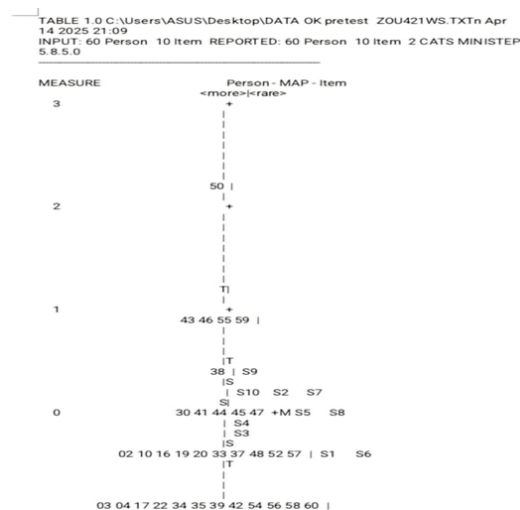
Berdasarkan tabel 2 nilai rata-rata *post-test* penguasaan konsep materi struktur bumi lebih tinggi dari pada nilai rata-rata *pre-test*. Nilai rata-rata N-gain penguasaan konsep yaitu sebesar 0,77. Nilai N-gain tersebut menunjukkan bahwa angka 0,77 termasuk dalam kategori tinggi sehingga disimpulkan bahwa media *augmented reality* (AR) sangat efektif menstimulasi dan meningkatkan kemampuan penguasaan konsep siswa.

Tabel 3. Data Hasil *Pre-test* – *Post-test* Keterampilan Berpikir Kritis

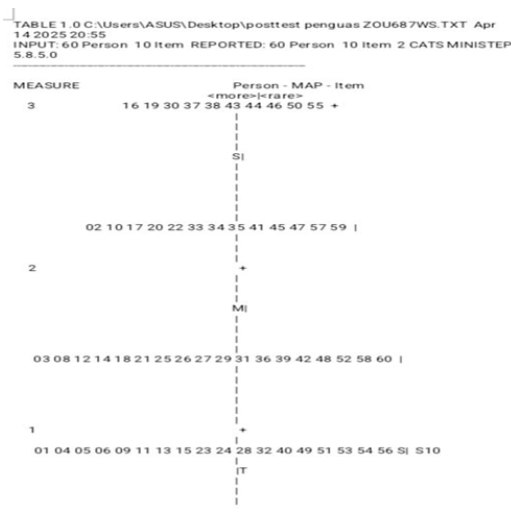
No.	Data Hasil Penelitian	Rata-rata	N-Gain
1.	Nilai <i>Pre-test</i>	29,82	0,84
2.	Nilai <i>Post-test</i>	87,13	

Pada tabel 3 menunjukkan nilai rata-rata *post-test* kemampuan berpikir kritis siswa lebih tinggi dibanding nilai rata-rata *pre-test*. Nilai N-gain kemampuan berpikir kritis siswa yaitu sebesar 0,84. Nilai N-gain tersebut masuk pada kategori tinggi sehingga disimpulkan bahwa media AR struktur bumi efektif menstimulasi dan meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Model *Rasch* dengan bantuan *WINSTEPS Rasch* digunakan dalam menganalisis efektivitas *augmented reality* (AR) pada materi struktur bumi untuk menstimulasi kemampuan berpikir kritis siswa dan penguasaan konsep ditunjukkan pada diagram *wright map* berikut:

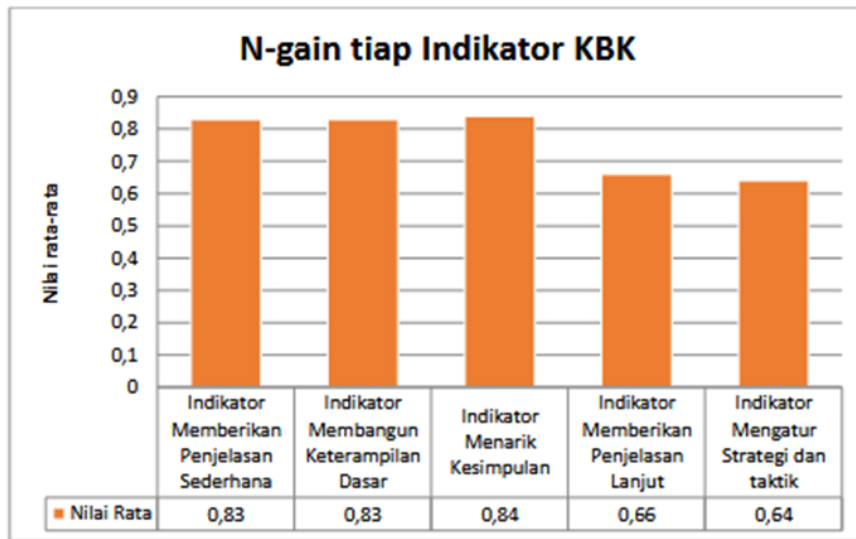


Gambar 3. Hasil pre-test penguasaan konsep



Gambar 4. Hasil post-test penguasaan konsep

Selanjutnya, hasil *pre-test* penguasaan konsep disajikan pada Gambar 3. Dari 60 siswa, sebanyak 49 siswa berada di bawah garis M- (*Less*) dan hanya 11 siswa berada di atas garis +M (*More*), yang menunjukkan bahwa sekitar 20% siswa memiliki penguasaan konsep tinggi sebelum pembelajaran. Setelah diberikan pembelajaran menggunakan media AR, terjadi peningkatan yang signifikan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4, di mana seluruh siswa berada di atas garis +M. Hal ini mengindikasikan bahwa media *augmented reality* (AR) mampu meningkatkan penguasaan konsep siswa secara menyeluruh.



Gambar 5. N-Gain setiap Indikator KBK siswa

Efektivitas media pembelajaran juga diperkuat oleh hasil analisis N-gain. Nilai N-gain keterampilan berpikir kritis siswa secara keseluruhan sebesar 0,84 yang termasuk dalam kategori tinggi (sangat efektif). Hal ini menunjukkan bahwa media *augmented reality* (AR) efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Secara lebih rinci, nilai N-gain setiap indikator yang ditampilkan pada Gambar 5 menunjukkan bahwa indikator memberikan penjelasan sederhana (0,83), membangun keterampilan dasar (0,83), dan menarik kesimpulan (0,84) berada pada kategori tinggi, sedangkan indikator memberikan penjelasan lanjut (0,66) dan mengatur strategi dan taktik (0,64) berada pada kategori sedang. Selain itu, hasil analisis N-gain penguasaan konsep menunjukkan nilai sebesar 0,77 yang juga termasuk dalam kategori tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa media *augmented reality* (AR) sangat efektif dalam meningkatkan penguasaan konsep siswa pada materi struktur bumi.

Hasil penelitian ini sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pemilihan media pembelajaran yang tepat berpengaruh terhadap pencapaian tujuan pembelajaran (Siahaan & Putri, 2024). Syarat-syarat dalam pemilihan media sesuai dengan situasi yang sedang berlangsung dan sesuai dengan minat dan kemampuan yang dimiliki oleh siswa (Markos Siahaan et al., 2023). Penggunaan *augmented reality* (AR) terbukti mampu menjembatani konsep abstrak menjadi lebih konkret melalui visualisasi interaktif, sehingga meningkatkan keterampilan berpikir

kritis dan penguasaan konsep (Faridi et al., 2021; Demircioglu et al., 2023; Hildayanti & Qurtubi, 2025). Selain itu, *augmented reality* (AR) juga mampu mengaktifkan pemrosesan kognitif multidimensi, meningkatkan kemampuan analisis, serta mengurangi beban kognitif siswa (Vidak et al., 2022; Khan et al., 2023; Syskowski et al., 2024).

2. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan media *augmented reality* (AR) berbasis *Microsite* memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan penguasaan konsep dan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi struktur bumi. Peningkatan ini terlihat dari nilai rata-rata penguasaan konsep yang naik dari 30,33 pada pre-test menjadi 82,17 pada post-test dengan nilai N-gain sebesar 0,77 (kategori tinggi). Selain itu, keterampilan berpikir kritis siswa juga mengalami peningkatan dengan nilai N-gain sebesar 0,84 (kategori sangat tinggi). Temuan ini mengindikasikan bahwa media *augmented reality* (AR) efektif dalam memfasilitasi pemahaman konsep abstrak sekaligus mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa.

Berdasarkan analisis peneliti, peningkatan yang signifikan tersebut tidak hanya disebabkan oleh penggunaan teknologi *augmented reality* (AR) semata, tetapi juga oleh karakteristik media yang memungkinkan terjadinya interaksi langsung antara siswa dengan objek pembelajaran. Integrasi *augmented reality* (AR) dalam *Microsite* memberikan pengalaman belajar yang terstruktur dan berkelanjutan, sehingga siswa dapat mengakses materi secara fleksibel sekaligus melakukan eksplorasi mandiri. Kondisi ini mendorong terbentuknya proses belajar yang lebih aktif, di mana siswa tidak hanya menerima informasi, tetapi juga mengonstruksi pengetahuan melalui pengamatan, manipulasi objek, dan refleksi terhadap fenomena yang ditampilkan.

Secara interpretatif, peningkatan ini menunjukkan bahwa visualisasi interaktif berbasis *augmented reality* (AR) mampu menjembatani kesenjangan antara konsep abstrak dan representasi konkret. Siswa tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi terlibat aktif dalam proses eksplorasi dan interpretasi konsep melalui objek tiga dimensi. Hal ini memperkuat bahwa pembelajaran yang bersifat visual-interaktif lebih efektif dibandingkan metode konvensional seperti presentasi *power point* dalam meningkatkan kualitas pemahaman dan proses berpikir siswa. Dengan demikian, media yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu visual, tetapi juga sebagai sarana kognitif yang memfasilitasi proses berpikir tingkat tinggi seperti analisis

dan sintesis. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis visual interaktif mampu meningkatkan kualitas pemahaman siswa secara signifikan (Zhang et al., 2024).

Dari sudut pandang peneliti, peningkatan keterampilan berpikir kritis yang tinggi menunjukkan bahwa penggunaan *augmented reality* (AR) berbasis *Microsite* mampu menciptakan lingkungan belajar yang menstimulasi aktivitas kognitif siswa secara lebih mendalam. Hal ini terlihat dari keterlibatan siswa dalam mengamati, menginterpretasikan, serta menarik kesimpulan dari fenomena yang divisualisasikan. Proses ini secara tidak langsung melatih siswa untuk berpikir secara sederhana dan logis tetapi dapat diterima dalam memahami hubungan antar konsep. Dengan kata lain, media ini tidak hanya menyajikan informasi, tetapi juga mendukung proses berpikir ilmiah.

Hasil penelitian ini sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa penggunaan *augmented reality* (AR) dalam pembelajaran mampu meningkatkan hasil belajar dan keterampilan berpikir kritis. Studi oleh Akbar et al. (2025) menunjukkan bahwa siswa yang belajar menggunakan *augmented reality* (AR) memiliki kemampuan berpikir kritis yang lebih tinggi dibandingkan pembelajaran konvensional. Temuan serupa juga diperoleh oleh Fatih et al. (2024) yang menyatakan bahwa media *augmented reality* (AR) secara signifikan meningkatkan literasi sains dan kemampuan analisis siswa. Selain itu, penelitian Zhang et al. (2024) menegaskan bahwa *augmented reality* (AR) memberikan pengalaman belajar yang imersif dan kontekstual, sehingga meningkatkan pemahaman konsep secara lebih mendalam. Dengan demikian, hasil penelitian ini konsisten dan memperkuat temuan-temuan sebelumnya terkait efektivitas AR dalam pembelajaran sains.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, keunggulan penelitian ini terletak pada integrasi *augmented reality* (AR) berbasis *Microsite* yang memberikan aksesibilitas lebih tinggi tanpa memerlukan instalasi aplikasi tambahan. Hal ini menjadikan media pembelajaran lebih menarik, fleksibel dan mudah digunakan oleh siswa, sehingga berpotensi meningkatkan keterlibatan belajar secara lebih luas. Selain itu, hasil analisis menunjukkan bahwa indikator berpikir kritis seperti menarik kesimpulan dan memberikan penjelasan sederhana mengalami peningkatan tertinggi, yang menunjukkan bahwa *augmented reality* (AR) efektif dalam mendukung proses analisis, refleksi dan sintesis informasi.

Namun, indikator mengatur strategi dan taktik masih berada pada kategori sedang. Berdasarkan analisis peneliti, hal ini disebabkan oleh karakteristik media yang lebih menekankan pada visualisasi dan eksplorasi konsep, sehingga belum sepenuhnya melatih kemampuan perencanaan strategis dalam pemecahan masalah. Oleh karena itu, diperlukan integrasi dengan model pembelajaran lain seperti *problem-based learning* untuk mengoptimalkan pengembangan seluruh aspek keterampilan berpikir kritis. Temuan ini didukung oleh penelitian yang menyatakan bahwa pengembangan kemampuan berpikir strategis memerlukan pendekatan pembelajaran berbasis masalah (Li et al., 2025).

Meskipun hasil penelitian menunjukkan peningkatan yang signifikan, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, penelitian ini dilakukan pada jumlah sampel yang terbatas dan hanya pada satu sekolah, sehingga generalisasi hasil penelitian ke konteks yang lebih luas masih memerlukan kajian lebih lanjut. Kedua, penggunaan media *augmented reality* (AR) berbasis *Microsite* sangat bergantung pada ketersediaan perangkat dan kualitas jaringan internet, yang dalam beberapa kondisi dapat menjadi kendala bagi siswa dalam mengakses media secara optimal. Ketiga, meskipun terjadi peningkatan pada sebagian besar indikator keterampilan berpikir kritis, indikator yang berkaitan dengan kemampuan mengatur strategi dan taktik masih menunjukkan hasil yang belum maksimal. Hal ini mengindikasikan bahwa media yang dikembangkan lebih dominan dalam mendukung aspek visualisasi dan pemahaman konsep, namun belum sepenuhnya mengakomodasi pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi yang bersifat kompleks dan strategis. Selain itu, durasi implementasi yang relatif singkat juga memungkinkan belum optimalnya internalisasi keterampilan berpikir kritis pada siswa. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan sampel yang lebih luas, mengintegrasikan model pembelajaran yang lebih variatif, serta menguji penggunaan media dalam jangka waktu yang lebih panjang agar diperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai efektivitasnya.

Dari sisi implikasi, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *augmented reality* (AR) berbasis *Microsite* dapat menjadi alternatif media pembelajaran yang efektif untuk materi yang bersifat abstrak. Implementasi teknologi ini mendukung pendekatan *student-centered learning* dengan mendorong siswa untuk aktif mengeksplorasi, menganalisis, dan membangun pemahaman secara mandiri (Bachtiar et al., 2024; Yanuarti et al., 2024). Selain itu, penggunaan *augmented reality* (AR) juga

berkontribusi dalam meningkatkan keterampilan abad ke-21, khususnya keterampilan berpikir kritis dan literasi digital. Oleh karena itu, pengembangan dan penerapan media pembelajaran berbasis *augmented reality* (AR) sangat direkomendasikan untuk digunakan pada berbagai materi lain yang memiliki tingkat kompleksitas tinggi.

Secara teoritis temuan ini mendukung teori konstruktivisme yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif melalui interaksi dan pengalaman belajar. Penggunaan *augmented reality* (AR) memungkinkan siswa berinteraksi langsung dengan representasi tiga dimensi sehingga memperkuat proses konstruksi pengetahuan. Selain itu, temuan ini juga sejalan dengan teori kognitif dimana visualisasi interaktif yang disediakan oleh media mampu mengurangi beban kognitif eksternal dan meningkatkan pembelajaran yang bermakna.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang hanya berfokus pada aspek visualisasi, penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi *augmented reality* (AR) dalam platform *Microsite* mampu menciptakan ekosistem pembelajaran digital yang terstruktur. Integrasi ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga secara simultan mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa

D. Penutup

Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi media *augmented reality* (AR) dalam platform *Microsite* merupakan solusi inovatif dan efektif dalam pembelajaran konsep sains yang bersifat abstrak. Konsep yang disajikan mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna dan interaktif bagi siswa. Visualisasi tiga dimensi yang dinamis memungkinkan konsep-konsep geosains yang bersifat abstrak menjadi lebih konkret sehingga memudahkan siswa dalam membangun pemahaman konseptual sekaligus mengembangkan keterampilan berpikir kritis. Temuan penelitian menegaskan bahwa pendekatan ini tidak hanya meningkatkan penguasaan konsep, tetapi juga secara signifikan mengembangkan keterampilan berpikir kritis melalui pengalaman belajar yang interaktif dan visual, dan penarikan kesimpulan.

Secara pedagogis, hasil penelitian ini menekankan pentingnya integrasi teknologi dengan lingkungan pembelajaran yang terstruktur dalam mendukung pendekatan *student-centered learning*. Oleh karena itu, pengembangan media *augmented reality* (AR) berbasis *Microsite* berpotensi untuk diterapkan pada berbagai materi sains lain yang memiliki tingkat abstraksi tinggi. Penelitian selanjutnya disarankan untuk

mengintegrasikan *augmented reality* (AR) dengan model pembelajaran berbasis masalah atau proyek serta mengkaji dampaknya dalam jangka panjang terhadap keterampilan berpikir kritis tingkat tinggi.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyusunan artikel ini. Semoga artikel ini dapat memberikan manfaat serta menambah referensi dalam pengembangan pendidikan di Indonesia.

Referensi

- Adilah, G. P., Utaya, S., & Suharto, Y. (2025). Pengaruh Model Resource Based Learning Berbantuan Microsite Terhadap Hasil Belajar Ditinjau Dari Motivasi Belajar Siswa. *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan* 8(1), 195–210. <https://doi.org/10.37329/cetta.v8i1.3859>
- Akbar, A., Herman, T., Suryadi, D., Mursalim, Alam, Putra, E. D., & Blegur, J. (2025). Integrating Augmented Reality in Mathematics Learning to Improve Critical Thinking Skills of Elementary School Students. *Emerging Science Journal*, 2. <https://doi.org/https://doi.org/10.28991/ESJ-2025-09-02-014>
- Akour, M., & Alenezi, M. (2022). Higher Education Future In The Era of Digital Transformation. *Education Sciences*, 12(11), 784. <https://doi.org/10.3390/educsci12110784>
- Alfitriani, N., Maula, W. A., & Hadiapurwa, A. (2021). Penggunaan Media Augmented Reality dalam Pembelajaran Mengenal Bentuk Rupa Bumi. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 38(1), 30–38. <https://doi.org/10.15294/jpp.v38i1.30698>
- Anggi, Kuswanto, Wilujeng, & Perdana. (2023). Implementation Of Mobile Augmented Reality On Physics Learning In Junior High School Students. *Journal of Education and E-Learning Research*, 10(2), 132–140. <https://doi.org/10.20448/jeelr.v10i2.4474>
- Angraeni, L., Puspitasari, H., & Sukadi, E. (2021). Pemanfaatan Media Virtual Reality Berbasis Kearifan Lokal Melalui Alat Musik SAMPE Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis. *Kappa Journal*, 5(1), 40–48. <https://doi.org/10.29408/kpj.v5i1.3339>
- Bachtiar, Darsikin, & Laratu, W. N. (2024). Development Of Augmented Reality (AR) Based Learning Media On Momentum Material For XI Grade At Sman 7 Palu. *JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online)*, 12(8), 141–147. <https://doi.org/10.22487/jpft.v12i2.3592>
- Bariroh, W., Muzakki, M. A., & Hendi, A. (2024). Augmented Reality Technology as a

- Learning Media for Geography of the Earth's Layer Structure. *Journal of Computer Science and Visual Communication Design*, 9(2), 545-559. <https://doi.org/10.55732/jikdiskomvis.v9i2.1458>
- Cabello, V. M. (2022). Students Understanding of Earthquakes and Tsunami in High Risk Areas. *Frontiers in Earth Science*, 10(April), 1-13. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.841251>
- Chang, H. Y., Binali, T., Liang, J. C., Chiou, G. L., Cheng, K. H., Lee, S. W. Y., & Tsai, C. C. (2022). Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact. *Computers and Education*. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104641>
- Daryanes, F., Darmadi, D., Fikri, K., Sayuti, I., Rusandi, M. A., & Situmorang, D. D. B. (2023). The Development Of Articulate Storyline Interactive Learning Media Based On Case Methods To Train Student's Problem-Solving Ability. *Heliyon*, 9(4), e15082. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15082>
- Dehant, V., Campuzano, S. A., & Santis, A. De. (2022). Structure , Materials and Processes in the Earth ' s Core and Mantle. In *Surveys in Geophysics*. 43(1), Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s10712-021-09684-y>
- Demircioglu, T., Karakus, M., & Ucar, S. (2023). Developing Students' Critical Thinking Skills and Argumentation Abilities Through Augmented Reality-Based Argumentation Activities in Science Classes. *Science and Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00369-5>
- Faridi, H., Tuli, N., Mantri, A., Singh, G., & Gargrish, S. (2021). A Framework Utilizing Augmented Reality To Improve Critical Thinking Ability And Learning Gain Of The Students In Physics. *Computer Applications in Engineering Education*. <https://doi.org/10.1002/cae.22342>
- Faridi, H., Tuli, N., Mantri, A., Singh, G., & Gargrish, S. (2021). A Framework Utilizing Augmented Reality To Improve Critical Thinking Ability And Learning Gain Of The Students In Physics. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 258-273. <https://doi.org/10.1002/cae.22342>
- Fatih, M., Alfi, C., & Muqtafa, M. A. (2024). Science Learning Game (SLG) Based on Augmented Reality Enhances Science Literacy and Critical Thinking Students Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(2), 973-981. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i2.6107>
- Gervasi, O., Member, S., Perri, D., & Simonetti, M. (2023). Empowering Knowledge With Virtual and Augmented Reality. *IEEE Access*, 11(November), 144649-144662. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3342116>
- Helaluddin, Nurhayati, Lulu, N., Ismail, G., Guntur, M., & Fransori, A. (2022). The Use of Collaborative Strategies to Improve Students' Writing Ability and Self-Efficacy: A Mixed Method Study. *European Journal of Educational Research*, 12(1), 265-280. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.12.1.265>
- Hildayanti, J., & Qurtubi, G. I. (2025). Thermodynamics-Augmented Reality as a Visual Learning Media to Improve Student Creativity. *AMPLITUDE: Journal of Science*

- & Technology Innovation. 4(1), 10-13.
<https://doi.org/10.56566/amplitudo.v4i1.248>
- Huang, Z., Sindakis, S., Aggarwal, S., & Thomas, L. (2022). The Role Of Leadership In Collective Creativity And Innovation: Examining Academic Research And Development Environments. *Frontiers in Psychology*, 13(December), 1-18.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1060412>
- Ibrahim, D., Lamangantjo, C. J., Ibrahim, M., Latjompoh, M., Baderan, D. W. K., & Mardin, H. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Microsite Materi Perubahan Dan Pelestarian Lingkungan Hidup (Penelitian di SMA Negeri 1 Paguyaman):(Development of Microsite-Based Learning Media Materials Change And Preservation of The Environment (Research In SMA Negeri 1 Paguyaman)). *BIODIK*, 11(1), 127-136.
<https://doi.org/10.22437/biodik.v11i1.41071>
- Kassiavera, S., Suparmi, A., & Cari, C. (2024). Application Of Rasch Model In Two-Tier Test For Assessing Critical Thinking In Physics Education. *Journal of Baltic Science Education*. 1227-1242. <https://doi.org/10.33225/jbse/24.23.1227>
- Lai, J. W. (2022). Educational Opportunities and Challenges in Augmented Reality : Featuring Implementations in Physics Education. *IEEE Access*, 10, 43143-43158.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3166478>
- Li, G., Luo, H., Chen, D., Wang, P., Yin, X., & Zhang, J. (2025). Augmented Reality in Higher Education : A Systematic Review and Meta-Analysis of the Literature from 2000 to 2023. *Education Sciences*, 15, 678.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/educsci15060678>
- Li, G., Luo, H., Chen, D., Wang, P., Yin, X., & Zhang, J. (2025). Augmented Reality In Higher Education: A Systematic Review And Meta-Analysis Of The Literature From 2000 to 2023. *Education Sciences*, 15(6), 678.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/educsci15060678>
- Lu, L., & Meredith. (2022). *Instructional design for effective teaching : The Application Of Addie Model In A College Reading Lesson*. NOSS Practitioner to Practitioner, Spring, 4-12. <https://share.google/N1pk7ywQZI9z11QNV>
- Markos Siahaan, S., Astra Patriot, E., Scristia, S., Helen, H., Kalsum, U., & Elsa Putri, R. (2023). The Validity and Practicality of Augmented Reality-Based Media Development on Science Matter. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 24(4), 717-729.
<https://doi.org/10.23960/jpmipa/v24i4.pp717-729>
- Merma-molina, G., Gavil, D., & Baena-morales, S. (2022). Critical Thinking and Effective Personality in the Framework of Education for Sustainable Development. *Education Sciences*. 12(1). <https://doi.org/10.3390/educsci12010028>
- Mustaqimah, N., Dama, L., Usman, N. F., Akbar, M. N., & Nurrijal, N. (2023). Pengembangan Media Flashcard Dengan Panduan Belajar Sambil Bermain Menggunakan Microsite Untuk Pembelajaran Biologi Materi Klasifikasi Makhluk Hidup. *Khazanah Pendidikan*, 17(1), 376.

- <https://doi.org/10.30595/jkp.v17i1.17159>
- Napitupulu, Y. T. H., Siahaan, S. M., & Akhsan, H. (2024). Initial Study of Students' Critical Thinking Ability Level and Concept Mastery on Earth Structure Material. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(8), 5943–5952. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i8.7684>
- Nasir, M., & Cari, C. (2022). The Effect of STEM-based Guided Inquiry On Light Concept Understanding And Scientific Explanation. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(11). <https://doi.org/10.29333/ejmste/12499>
- Nuryana, Z., Lu, S., Ni, X., Xu, W., & Wibawa, A. P. (2025). The Impact Of Augmented And Virtual Reality On Sustainable Education: A Bibliometric Analysis. *Next Research*, 2(4). <https://doi.org/10.1016/j.nexres.2025.100999>
- Pertiwi, Nanda Putri, Saputro, S., Yamtinah, S., & Kamari, A. (2024). Enhancing Critical Thinking Skills Through Stem Problem-Based Contextual Learning: An Integrated E-Module Education Website With Virtual Experiments. *Journal of Baltic Science Education*, 739–766. <https://doi.org/10.33225/jbse/24.23.739>
- Puspita Sari, M. I., Widowati, A., Wilujeng, I., Az-Zahro, S. F., & Ramadhanti, D. (2022). Effectiveness of SETS-Based Electronic Student Worksheet (E-LKPD) to Improve Student Learning Outcomes. *Jurnal Pendidikan Sains (JPS)*, 10(1), 9. <https://doi.org/10.26714/jps.10.1.2022.9-14>
- Raj, T., Chauhan, P., Mehrotra, R., & Sharma, M. (2022). Importance of Critical Thinking in the Education. *World Journal of English Language*, 12(3), 126–133. <https://doi.org/10.5430/wjel.v12n3p126>
- Saputra, I. G. P. E. (2020). Penguasaan Konsep Fisika Siswa Menggunakan Pendekatan Konflik Kognitif Pada Materi Gerak Lurus di SMK Negeri 2 Watubangga. *JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online)*, 8(3), 87–92. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=RVvjoDgAAAAJ&citation_for_view=RVvjoDgAAAAJ:3fE2CSJlrl8C
- Siahaan Markos Sardianto, M. A. (2024). Development of Digital Flashcards Assisted by Augmented Reality on Doppler Effect and Polarization Material. *International Journal of Artificial Intelligence Research Vol. 8, No. 1.1*, 8(1). <https://www.ijair.id/index.php/ijair/article/view/1167/pdf>
- Siahaan, S. M., & Putri, R. E. (2024). The Augmented Reality Based Flashcards for Learning Heat and Thermodynamics in High School. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 10(1), 99–108. <https://doi.org/10.21009/1.10109>
- Suharti, P., Asyari, A., & Wikanta, W. (2024). Augmented Reality Integrated Education Game Using Problem-Based Learning Model To Improve Critical Thinking Skills. *Research and Development in Education*, 4(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.22219/raden.v4i1.32026>
- Syskowski, S., Wilfinger, S., & Huwer, J. (2024). Impact and Classification of Augmented Reality in Science Experiments in Teaching – A Review. *Education Sciences*, 14(7).

<https://doi.org/10.3390/educsci14070760>

- Toomey, H., Susan, Z., Lillyanna, M. L., Yu, F., & Chiu, C. (2023). Mobile Augmented Reality Supporting Families' Immersive Collaborative Learning : Learning on the Move for Place Based Geoscience Sense Making. In *International Journal of Computer Supported Collaborative Learning*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/s11412-023-09399-9>
- Vidak, A., Movre Šapić, I., & Mešić, V. (2022). Augmented Reality In Teaching About Physics: First Findings From A Systematic Review. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2415/1/012008>
- Yanuarti, N., Endrawati, N., & Hartono, Y. (2024). Implementasi Media Augmented Reality Pada Materi Tata Surya Untuk Meningkatkan Kemampuan Kognitif Siswa Kelas VI. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 09(2), 1-3 <https://doi.org/https://doi.org/10.23969/jp.v9i2.15069>
- Zhang, Y., Feijoo-garcia, M. A., Gu, Y., Popescu, V., Benes, B., & Magana, A. J. (2024). Virtual and Augmented Reality in Science , Technology , Engineering , and Mathematics (STEM) Education: An Umbrella Review. *Information*, 15, 515. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/info15090515>
- Zulfiqar, F., Raza, R., Khan, M. O., Arif, M., Alvi, A., & Alam, T. (2023). Augmented Reality and Its Applications in Education: A Systematic Survey. *IEEE Access*, 11(November), 143250–143271. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3331218>