

PENGEMBANGAN MEDIA *AUGMENTED REALITY* 3D BANGUN RUANG ASSEMBLR EDU UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS

Fahrudin¹, Sri Lastuti², Muh Rijalul Akbar^{3*}

^{1, 2, 3*, 4} STKIP Taman Siswa Bima, Bima, Indonesia

*Corresponding author: muh.rijalulakbar@tsb.ac.id

Received 02 June 2025; Revised 23 February 2026; Accepted 27 March 2026

Abstrak

Pembelajaran matematika pada materi bangun ruang di kelas V SDN Inpres Kale'o menghadapi kendala berupa rendahnya kemampuan berpikir kritis siswa dalam menganalisis sifat bangun ruang, mengidentifikasi hubungan antarunsur geometri, serta menginterpretasikan representasi dua dimensi ke dalam bentuk tiga dimensi. Kondisi ini disebabkan oleh keterbatasan media pembelajaran yang belum mampu memvisualisasikan objek secara konkret dan interaktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran *augmented reality* (AR) berbasis platform *assemblr edu* yang valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan pemahaman konseptual dan kemampuan berpikir kritis siswa. Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (R&D) dengan model ASURE yang dilaksanakan selama satu bulan dengan melibatkan 18 siswa. Instrumen penelitian meliputi lembar validasi ahli materi dan ahli media untuk mengukur tingkat kevalidan produk, angket respon guru dan siswa untuk menguji kepraktisan, serta tes pemahaman konseptual dan kemampuan berpikir kritis berupa soal *Pre-test* dan *Post-test* untuk mengukur keefektifan media. Data dikumpulkan melalui tes, angket, wawancara, dan observasi. Hasil penelitian menunjukkan media yang dikembangkan memenuhi kriteria sangat valid dengan persentase 95,45%, sangat praktis dengan persentase 95,72%, dan sangat efektif meningkatkan pemahaman konseptual dan kemampuan berpikir kritis siswa dengan *N-Gain Score* sebesar 0,86 (kategori tinggi). Media AR ini memungkinkan siswa berinteraksi langsung dengan objek tiga dimensi, sehingga meningkatkan keterlibatan dalam belajar. Namun, terdapat beberapa keterbatasan seperti ketergantungan pada perangkat digital dan koneksi internet serta jumlah sampel yang terbatas. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut dengan cakupan yang lebih luas dan penggunaan teknologi *virtual reality* sebagai pengembangan lebih lanjut sangat disarankan.

Kata kunci: *Augmented Reality*; Bangun Ruang; Berpikir Kritis; Media Pembelajaran; Sekolah Dasar

Abstract

Mathematics learning on spatial geometry material in class V at SDN Inpres Kale'o faces challenges in the form of students' low critical thinking skills in analyzing the properties of spatial shapes, identifying relationships between geometric elements, and interpreting two-dimensional representations into three-dimensional forms. This condition is caused by limitations in learning media that are not yet able to visualize objects concretely and interactively. This study aims to develop valid, practical, and effective augmented reality (AR) learning media based on the Assemblr Edu platform to improve students' conceptual understanding and critical thinking skills. This study uses research and development (R&D) method with the ASURE model, conducted for one month involving 18 students. Research instruments include validation sheets for content experts and media experts to measure the validity level of the product, teacher and student response questionnaires to test practicality, as well as conceptual understanding and critical thinking ability tests in the form of Pre-test and Post-test questions to measure the effectiveness of the media. Data were collected through tests, questionnaires, interviews, and observations. The research results indicate that the developed media meets the criteria of being highly valid with a percentage of 95.45%, highly practical with a percentage of 95.72%, and highly effective in improving students' conceptual understanding and critical thinking skills with an N-Gain Score of 0.86 (high category). This AR media allows students to interact directly with three-dimensional objects, thereby enhancing engagement in learning. However, there are several limitations, such as dependence on digital devices and internet connections, as well as a limited sample size. Therefore, further research with a broader scope and the use of virtual reality technology for further development is highly recommended.

Keywords: *Augmented Reality; Critical Thinking; Elementary Students; Learning Media; Solid Geometry*



This is an open access article under the [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i1.12919>

PENDAHULUAN

Materi bangun ruang masih menjadi salah satu materi yang sulit bagi siswa sekolah dasar, terutama dalam hal memahami cara merepresentasikan dan mendeskripsikan objek tiga dimensi. Hasil penelitian Götz dan Gasteiger (2022) serta Khoiriyah et al., (2022) menemukan bahwa siswa sekolah dasar kesulitan memahami sifat-sifat bentuk bangun ruang dan bagaimana bentuk tiga dimensi yang berhubungan dengan representasi dua dimensinya. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru kelas V SDN Inpres kale'o, menyatakan bahwa peserta didik kelas V mengalami kendala dalam mengiden-tifikasi komponen penyusun bangun ruang, seperti jumlah rusuk, bidang sisi, dan titik sudut pada kubus dan balok. Lebih lanjut, siswa juga menghadapi tantangan dalam visualisasi spasial, yakni kesulitan merangkai jaring-jaring menjadi sebuah bangun ruang tiga dimensi yang utuh.

Berdasarkan data yang dihimpun melalui observasi pra-penelitian dan wawancara dengan pendidik kelas lima di SDN Inpres Kale'o mengungkapkan bahwa sekitar 30% siswa dapat menjelaskan kembali sifat-sifat bentuk geometris dengan akurat, sementara sebagian besar masih kesulitan membedakan elemen-elemen bentuk bangun ruang dan menghubungkan representasi gambar dua dimensi dengan representasi tiga dimensinya. Siswa kesulitan membangun pemahaman konkret tentang ruang ketika buku teks masih sebagai sumber belajar utama. Ini berarti bahwa siswa membutuhkan alat pembelajaran yang dapat menunjukkan kepada mereka bentuk-bentuk bangun ruang dengan cara yang memungkinkan mereka berinteraksi dengannya sehingga mereka dapat mempelajari lebih lanjut tentang konsep tersebut.

Beberapa penelitian mencatat penggunaan teknologi, khususnya *Augmented Reality* (AR), memudahkan peserta didik untuk memahami konsep matematika. Integrasi teknologi *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran geometri terbukti mampu meningkatkan pemahaman konsep peserta didik hingga 35% dibandingkan dengan penerapan metode konvensional. (Akbar et al., 2025). Lebih lanjut, sajian visual yang dinamis dan atraktif pada teknologi AR berpotensi kuat dalam menstimulasi motivasi belajar peserta didik (Jdaitawi et al., 2023). Namun, sejumlah penelitian sebelumnya masih memanfaatkan aplikasi atau perangkat lunak yang relatif kompleks, seperti Unity atau GeoGebra berbasis AR, yang memerlukan keterampilan teknis tertentu dan belum sepenuhnya ramah bagi siswa sekolah dasar (Buchori et al., 2024) Situasi tersebut mengindikasikan adanya urgensi pengembangan media AR yang lebih praktis, memiliki aksesibilitas tinggi, serta selaras dengan tingkat perkembangan kognitif peserta didik di jenjang sekolah dasar.

Sebagian besar penelitian sebelumnya tidak berfokus pada pengoptimalan teknologi AR yang dapat berinteraksi dengan mudah pada antarmuka seperti platform *assemblr edu*. Berdasarkan rasionalisasi tersebut, penelitian ini dirancang untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis AR yang mudah diakses dan sesuai dengan karakteristik siswa sekolah dasar dengan pendekatan konstruktivis. Pendekatan konstruktivis dipilih karena menekankan peran aktif siswa dalam membangun pemahaman melalui interaksi langsung dengan objek pembelajaran (Rosita et al., 2024).

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i1.12919>

Selain aspek pemahaman konseptual, pembelajaran bangun ruang juga menuntut kemampuan berpikir kritis siswa dalam menganalisis sifat-sifat bangun, membandingkan karakteristik antarbangun, serta menarik kesimpulan berdasarkan hubungan antarunsur geometri. (Karaduman & Cihan, 2018) menjelaskan bahwa peserta didik dengan kecakapan berpikir kritis yang mumpuni, cenderung memiliki penguasaan materi bangun ruang yang lebih komprehensif. Namun, penelitian yang dilakukan di SDN Inpres Kale'o mengungkapkan bahwa hanya 30% siswa yang mampu mengenali ciri-ciri bangun geometri, yang menunjukkan bahwa banyak siswa yang belum mencapai tingkat pemahaman geometri analisis Van Hiele dalam Arnal et al. (2024). Hal ini bersesuaian dengan ungkapan Mohamed dan Kandeel (2023) yang menyatakan penerapan pendekatan pembelajaran konvensional, yang masih mengandalkan metode ceramah dan media visual dua dimensi, dinilai belum optimal dalam menstimulasi keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Studi ini memanfaatkan platform *assemblr edu* dengan *augmented reality* (AR) dan bertujuan agar meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan pemahaman siswa (Umam et al., 2024). Penggunaan Teknologi AR untuk menampilkan gambar bangun ruang secara dinamis dapat meningkatkan pemikiran kritis dan pemahaman bangun ruang siswa (Pocan & Yaşaroğlu, 2023). Selain itu, AR dapat membantu menjembatani kesenjangan pemahaman di antara siswa dengan kemampuan kognitif yang berbeda dengan menyesuaikan tugas dengan tingkat keterampilan setiap siswa (Žakelj & Klančar, 2022).

Penelitian ini berupaya untuk memanfaatkan teknologi di kelas dengan membuat dan menilai materi pelajaran berbasis AR dengan *assemblr edu* yang berfokus pada keterampilan pemahaman dan berpikir kritis untuk siswa kelas V di SDN Inpres Kale'o. Penelitian ini dilatar belakangi oleh keterbatasan media pembelajaran yang belum mampu memfasilitasi visualisasi konkret dan interaktif, sehingga berdampak pada rendahnya kemampuan berpikir kritis siswa dalam memahami konsep bangun ruang. Oleh karena itu, penelitian pengembangan ini dilakukan untuk menghasilkan media pembelajaran berbasis AR yang memenuhi kriteria *valid*, *praktis* dan *efektif* serta membuktikan bahwa penggunaan media tersebut mampu meningkatkan pemahaman konsep geometri ruang dan keterampilan berpikir kritis siswa sekolah dasar secara signifikan.

METODE

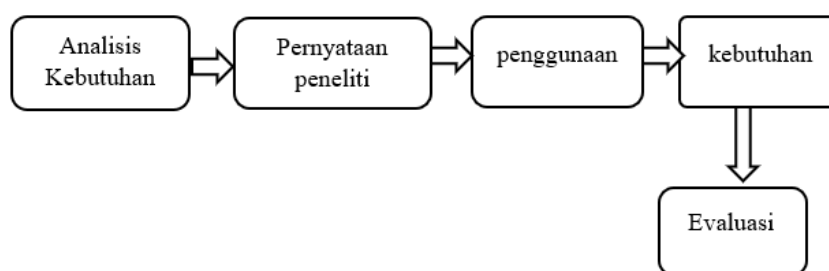
Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan ASURE (*Analyze, State, Utilize, Require, Evaluate*). Pemilihan model ASURE didasarkan pada karakteristiknya yang berorientasi pada desain pembelajaran berbasis teknologi serta kemampuannya dalam mengintegrasikan analisis kebutuhan peserta didik dengan pemanfaatan media secara langsung dalam proses pembelajaran. Dibandingkan dengan model R&D lain seperti ADDIE atau 4D, model ASURE lebih menekankan pada aspek pemanfaatan (*utilization*) media dan keterlibatan aktif peserta didik dalam lingkungan belajar, sehingga lebih relevan untuk pengembangan media berbasis *augmented reality* (AR) yang bersifat interaktif dan visual. Selain itu, model ASURE memungkinkan evaluasi formatif dan sumatif yang terintegrasi

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i1.12919>

secara sistematis, sehingga dapat mengukur kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan media secara komprehensif dalam konteks pembelajaran bangun ruang.

Tahapan penelitian meliputi: (1) *Analyze*, yaitu analisis kebutuhan melalui observasi dan wawancara; (2) *State*, yaitu penetapan tujuan pembelajaran; (3) *Utilize*, yaitu pengembangan

dan implementasi media berbasis Augmented Reality menggunakan platform Assemblr Edu; (4) *Require*, yaitu identifikasi kebutuhan perangkat dan sumber daya pendukung; serta (5) *Evaluate*, yaitu evaluasi formatif dan sumatif untuk menguji kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan media. Tahapan pengembangan model ASURE disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahap pengembangan media menggunakan Heinich, Molenda, Russell, dan Smaldino yang telah di sederhanakan (Rustandi et al., 2022)

Prosedur penelitian mengikuti tahapan model ASURE, yang mencakup:

1. *Analyze* (Analisis) – Mengidentifikasi kebutuhan siswa melalui observasi, wawancara dengan guru, serta survei awal terkait kesulitan dalam memahami bangun ruang.
2. *State* (Pernyataan Tujuan) – Menetapkan tujuan pengembangan media.
3. *Utilize* (Pemanfaatan) – Mengembangkan prototipe media menggunakan Assemblr Edu dan memastikan tampilan serta navigasi sesuai dengan kebutuhan siswa.
4. *Require* (Identifikasi Kebutuhan Sumber Daya) – Menentukan perangkat yang dibutuhkan untuk implementasi media, seperti *smart phone* dan tablet.
5. *Evaluate* (Evaluasi) – Dilakukan dalam dua tahap, yaitu evaluasi formatif selama pengembangan dan evaluasi sumatif setelah implementasi media untuk mengukur efektifitasnya.

Evaluasi formatif dilakukan melalui uji validasi oleh ahli materi dan ahli media untuk menilai kelayakan produk. Evaluasi sumatif dilakukan melalui uji coba terbatas dan uji lapangan untuk mengukur kepraktisan berdasarkan angket respons guru dan siswa, serta keefektifan media melalui analisis hasil *pre-test* dan *post-test* menggunakan *N-Gain Score*.

Dalam penelitian ini, terdapat dua tahap pengujian dilakukan yaitu percobaan terbatas dan percobaan lapangan yang lebih luas. Setelah enam siswa pertama dipilih untuk percobaan terbatas, dua belas siswa tambahan dipilih untuk berpartisipasi dalam percobaan lapangan yang lebih luas. Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk mengetahui sejauh mana media meningkatkan pemahaman siswa tentang bentuk bangun ruang 3 dimensi serta minat mereka terhadap materi yang dibahas.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i1.12919>

Tabel 1. Skala Likert

| No | Analisis Kuantitatif | Skor |
|----|----------------------|------|
| 1 | Sangat setuju | 5 |
| 2 | Setuju | 4 |
| 3 | Ragu-ragu | 3 |
| 4 | Tidak setuju | 2 |
| 5 | Sangat tidak setuju | 1 |

Prosedur analisis data menggunakan metode kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif di peroleh dari hasil kuesioner skala Likert (Tabel 1) sebagai tambahan terhadap tes awal dan tes akhir. Untuk data kualitatif, dilakukan observasi dan wawancara. Pakar media dan materi menyampaikan relevansi materi dan, demi kegunaan bagi guru dan siswa, dilakukan pula evaluasi. Efektivitas media dievaluasi menggunakan skor *N-Gain*, yang mengukur pertumbuhan pemahaman dengan mengevaluasi perbedaan antara tes awal dan tes akhir (Rahman & Nasryah, 2019).

Data kualitatif dikumpulkan melalui wawancara dan observasi. Relevansi media divalidasi oleh pakar media melalui kuesioner validasi. Selain relevansi media, penggunaan praktis dikumpulkan dari tanggapan guru dan siswa. Metode *N-Gain Score* digunakan untuk mengukur efektivitas media melalui hasil tes awal dan akhir yang diberikan untuk mengukur pemahaman siswa, dimana persentasenya dihitung.

$$N - gain = \frac{X(postes - X_{pretes})}{X(max - X_{pretes})} \quad (1)$$

Hasil perhitungan data akan dikonversi ke dalam (Tabel 2), dengan interpretasi berdasarkan indeks gain yang digunakan untuk mengukur keefektifan media.

Tabel 2. Kriteria Keefektifan Media

| Indeks gain | Interpretasi |
|---------------|--------------|
| $g > 0,70$ | Tinggi |
| $0,31 - 0,70$ | Sedang |
| $g \leq 0,30$ | Rendah |

Produk media pembelajaran berbasis *augmented reality* dinyatakan efektif apabila nilai *N-Gain* berada pada kategori sedang (0,31–0,70) atau tinggi ($g > 0,70$), yang menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar siswa setelah penggunaan media. Semakin tinggi nilai *N-Gain* yang diperoleh, semakin besar tingkat efektivitas media dalam meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan berpikir kritis siswa.

Penelitian dilaksanakan di SDN Inpres Kale'o pada tanggal 11 Maret sampai dengan 11 April 2025 dengan melibatkan 21 subjek, terdiri atas 18 siswa kelas V, satu orang guru, satu orang ahli media, dan satu orang ahli materi. Proses pembelajaran selama satu bulan ini meliputi analisis kebutuhan, pembuatan media AR, uji coba terbatas, uji lapangan, dan evaluasi efikasi media. Agar tidak mengganggu proses pembelajaran, waktu pelaksanaan dipilih dengan mempertimbangkan kalender akademik sekolah.

Instrumen pengumpulan data dalam penelitian ini terdiri dari: (1) lembar validasi materi dan media untuk menilai kesesuaian isi, tampilan, dan kesesuaian media; (2) kuesioner tanggapan guru dan siswa untuk mengukur tingkat kepraktisan atau kegunaan media; (3) tes pemahaman konsep dan kemampuan berpikir kritis dalam bentuk soal *Pre-test* dan *Post-test* yang digunakan merupakan satu paket soal yang sama, namun disusun berdasarkan indikator yang mencakup aspek pemahaman konsep dan kemampuan berpikir kritis, sehingga dapat mengukur kedua variabel tersebut secara simultan; dan (4) pedoman wawancara dan lembar observasi untuk memperoleh data pendukung terkait proses pembelajaran.

Data yang diperoleh dari lembar validasi dan angket dianalisis menggunakan rumus persentase untuk menen-

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i1.12919>

tukan kategori kevalidan dan kepraktisan. Sementara itu, data hasil tes dianalisis menggunakan perhitungan *N-Gain* untuk mengetahui peningkatan pemahaman konseptual dan kemam-

puan berpikir kritis siswa, sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (1). Kriteria penilaian kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Instrumen pengumpulan data

| No | Kriteria | Instrumen |
|----|-------------|---|
| 1 | Kevalidan | a) Angket validasi ahli materi b) Angket validasi ahli media |
| 2 | Kepraktisan | a) Angket respon guru terhadap media <i>Augmented Reality 3 Dimensi</i> bangun ruang menggunakan <i>Assemblr EDU</i> b) Angket respon peserta didik terhadap media <i>Augmented Reality 3 Dimensi</i> bangun ruang menggunakan <i>Assemblr EDU</i> |
| 3 | Keefektifan | a) Soal tes <i>Pret-test</i> b) Soal test <i>Post-test</i> |

Dua puluh pertanyaan pilihan ganda dari *pre-test* dan *post-test* yang telah disetujui oleh para ahli mata pelajaran berfungsi sebagai alat utama untuk mengukur kemampuan berpikir kritis siswa berdasarkan indikator yang telah ditetapkan. Setelah uji lapangan, instruktur dan siswa menyelesaikan kuesioner untuk mengukur kepraktisan dan respons media. Triangulasi data juga menggunakan wawancara semi-terstruktur. Proses pengumpulan data bersifat metodis dan bertahap, dimulai dengan observasi dan *pre-test*, diikuti oleh posttest, wawancara, dan penyelesaian kuesioner.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa kelas V SDN Inpres Kale'o dalam memahami konsep, bangun ruang 3 dimensi dalam penelitian ini dikembangkan perangkat pembelajaran dengan teknologi *augmented reality* (AR) *Assemblr Edu*. Pendekatan tradisional memiliki keterbatasan yang telah diatasi dalam media ini, yaitu memberikan visualisasi objek spasial 3D yang interaktif kepada siswa. Penelitian ini dilakukan dengan model ASURE mulai tanggal 11 Maret sampai dengan

11 April 2025. Hasil penelitian ini yang menggunakan model ASURE meliputi tahap – tahapnya yaitu:

1. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengungkap permasalahan dalam pembelajaran bangun ruang. Dari hasil observasi awal dan wawancara dengan guru dan siswa SDN Inpres Kale'o, ditemukan beberapa permasalahan sebagai berikut:

- Siswa masih kesulitan memahami bangun ruang karena pembelajaran konvensional masih mengandalkan gambar 2D pada buku teks.
- Guru perlu lebih banyak melakukan interaktivitas untuk melibatkan siswa dan membantu pemahaman fenomena bangun ruang.
- Ketersediaan sarana teknologi di sekolah masih minim, sehingga media pembelajaran harus dapat diakses melalui perangkat yang umum digunakan, seperti *smartphone* dan *tablet*.
- Media pembelajaran bangun ruang berbasis AR dengan *assemblr ddu* dikembangkan sebagai upaya untuk membantu siswa memahami konsep bangun ruang dengan lebih baik dan lebih interaktif.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i1.12919>

2. Pernyataan Tujuan Peneliti

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan yang telah dilakukan, tujuan penelitian ini terbagi menjadi dua bagian, yaitu tujuan umum dan tujuan khusus.

Tujuan umum dari penelitian ini adalah mengembangkan media pembelajaran berbasis *augmented reality* (AR) menggunakan platform *assemblr edu* untuk meningkatkan kemampuan bangun ruang dan berpikir kritis siswa. Adapun tujuan Khusus dari penelitian ini, yaitu:

- a) Mengukur kevalidan media dengan uji ahli media dan ahli materi.
- b) Menilai kepraktisan media dengan menggunakan angket tanggapan guru dan siswa.
- c) Mengevaluasi keefektifan media dengan membandingkan hasil *pret-tes* dan *post-tes* siswa.

3. Pemanfaatan Media (*Utilize*)

Media berbasis *assemblr edu* memungkinkan siswa berinteraksi dengan model bangun ruang 3 dimensi. Media yang digunakan ini juga memungkinkan siswa memanipulasi bentuk bangun ruang, memahami hubungan antara gambar dua dimensi dan tiga dimensi, serta memutar, memperbesar, dan menyelidiki objek bangun ruang. Dengan cara ini, siswa dapat melihat detail bentuk bangun ruang lebih baik daripada hanya dari gambar dua dimensi di buku teks.

Rencana untuk media ini berjalan melalui beberapa langkah penting, yaitu:

a. Desain Produk

Pemanfaatan media yang dibuat menggunakan aplikasi *assembler edu*, merupakan salah satu aplikasi AR untuk pengembangan sistem pendidikan, tentunya aplikasi ini dapat Anda manfaatkan untuk keperluan lain yang membutuhkan penggunaan media 3D yang dipadukan dengan AR, yang dapat menjadikan

dunia belajar mengajar menjadi lebih nyata, menarik dan menyenangkan.

Model yang dihasilkan juga harus mengedepankan bentuk yang valid dan cukup menarik untuk dipahami oleh siswa. Setiap bangun ruang dirancang dengan proporsi, warna, dan detail yang terdapat pada materi pembelajaran matematika kelas V. Selain itu, model ini memiliki properti interaktif seperti rotasi, zoom dan tampilan jaring-jaring bangun ruang yang membantu pemahaman siswa.



Gambar 2. Custom Marker Code QR

b. Validasi desain

Setelah model AR 3D selesai, validasi dilakukan oleh ahli media dan ahli materi, lalu diuji di lapangan. Pakar media meninjau faktor teknis, kualitas tampilan, navigasi, dan fitur interaktif, di *assemblr edu*. Sementara itu, ahli media mengevaluasi relevansi media dengan silabus dan seberapa sukses media dalam membuat siswa mempelajari bentuk bangun ruang. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, media direvisi sebelum digunakan di kelas.

1) Validasi ahli media

Validasi ahli media di lakukan untuk menilai faktor teknis, kualitas tampilan, navigasi, dan fitur interaktif media. Adapun validator yang bertindak sebagai ahli media bernama Ibu Ita Fitriati, S.Kom, M.T. validasi media ini dilakukan pada tanggal 14 Februari 2025. Hasil Validasi media tersaji pada Tabel 4.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i1.12919>

Tabel 4. Hasil Rakapitulasi Validasi Ahli Media

| No | Aspek | Skor | | Persen- tase | Tingkat Validasi | Keterangan |
|-------------------------------|--------------------|------------|-------------|-----------------|---------------------|---------------------------|
| | | $\sum k_h$ | $\sum Mk_h$ | | | |
| 1 | Rekayasa perangkat | 26% | 30% | 86% | Sangat Valid | Layak tanpa revisi |
| 2 | Tampilan visual | 34% | 35% | 97% | Sangat Valid | Layak tanpa revisi |
| Persentase Keseluruhan | | 60% | 65% | 92% | Sangat Valid | Layak tanpa revisi |

Berdasarkan hasil validasi yang dilakukan oleh para ahli media, media pembelajaran AR 3D menggunakan *assemblr edu* sangat valid, yaitu sebesar 92%. Dengan demikian, media tersebut dapat digunakan dalam pembelajaran tanpa perlu revisi yang berlebihan, sehingga dapat digunakan sebagai bahan ajar dalam percobaan di kelas. Meskipun disetujui tanpa penulisan ulang, namun ada beberapa komentar dan rekomendasi dari validator, antara lain: (1) Memperbesar ukuran tombol pilihan pada menu soal agar siswa dapat mengaksesnya dengan lebih cepat saat mengerjakan soal, serta (2) Diperlukan jaringan internet yang stabil selama jam pelajaran, agar media dapat diputar

dengan lancar dan tidak terjadi kendala teknis. Masukan ini akan menjadi bahan pertimbangan selama pelaksanaan agar pembelajaran siswa menjadi lebih efisien.

2) Validasi ahli materi

Validasi ini bertujuan untuk menilai kualitas isi materi, kelengkapan konsep, serta kesesuaian dengan kurikulum. Validator yang bertindak sebagai ahli materi dalam penelitian ini adalah ibu Ati Fatimatuzzahra, S.Pd.I,Gr. Proses validasi dilakukan pada tanggal 17 Februari 2025. Hasil validasi ahli materi ditampilkan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Rakapitulasi Validasi Ahli Materi

| No | Aspek | Skor | | Persen- tase | Tingkat Validasi | Keterangan |
|-------------------------------|----------------------------|------------|-------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| | | $\sum k_h$ | $\sum Mk_h$ | | | |
| 1 | Kelayakan isi | 45 | 40 | 100% | Sangat Valid | Layak tanpa revisi |
| 2 | Kelayakan penyajian materi | 50 | 50 | 100% | Sangat Valid | Layak tanpa revisi |
| Persentase Keseluruhan | | 90% | 90% | 100% | 100% | Sangat Valid |

Berdasarkan hasil validasi yang dilakukan oleh Ibu Ati Fatimatuzzahra, S.Pd. I, Gr. pada tanggal 17 Februari 2025 untuk media pembelajaran berbasis Augmented Reality (AR) 3D menggunakan *Assemblr Edu* memiliki validitas yang sangat tinggi. Hasil validasi menunjukkan bahwa kelayakan isi dan penyajian media memperoleh skor 45 dari 45 (100%), sehingga media ini masuk dalam kategori sangat valid dan layak digunakan saat dinyatakan tidak direvisi. Dalam upaya melengkapi data kuantitatif, pakar materi memberikan kontribusi berupa masukan

tentang seberapa baik media sebagai alat bantu pembelajaran. Beliau menyampaikan bahwa tanggapan materi pada materi bangun ruang yaitu kubus, balok, dan dan gabungannya sangat baik. Representasi visual yang menarik pada aplikasi ini dapat membantu memotivasi dan mengaktifkan siswa saat belajar, serta dapat berdampak positif terhadap keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Oleh karena itu, media ini dianggap sangat layak untuk diterapkan lebih lanjut dalam penelitian ini.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i1.12919>

Para ahli materi dan media memberikan tingkat validitas yang cukup tinggi sebesar 95,45% terhadap media augmented reality (AR) *Assemblr Edu*. Penelitian Hanid et al. (2022) mendukung pemahaman siswa, terutama untuk abstraksi sebagai bentuk bangun ruang. Hasil ini sejalan dengan hipotesis ini. Penemuan ini konsisten dengan. Teori beban kognitif (Sweller et al., 2019) yang menyatakan bahwa media berbasis AR dapat berdampak positif pada pemahaman anak-anak terhadap objek 3D dibandingkan gambar 2D.

c. Uji Coba Terbatas

Setelah divalidasi oleh ahli, media edukasi *augmented reality* (AR) 3D berbasis *assemblr edu* diujicobakan pada skala kurang dari enam siswa di kelas V SDN Inpres Kale'o. Tujuan uji coba ini adalah untuk mengetahui keefektifan media dalam mengembangkan kemampuan pemahaman konsep ruang media, apakah siswa terbantu atau tidak, dan kendala yang dialami selama penggunaan. Kinerja uji coba disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil rekapitulasi angket kepraktisan siswa pada uji skala terbatas

| No | Aspek | Total Skor | Persentase | Kategori Kepraktisan | Keterangan |
|--------------|----------|------------|------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | Materi | 155 | 96% | Sangat Praktis | Layak digunakan |
| 2 | Manfaat | 178 | 96% | Sangat Praktis | Layak digunakan |
| 3 | Tampilan | 128 | 96% | Sangat Praktis | Layak digunakan |
| Total | | 461 | 96% | Sangat Praktis | Layak digunakan |

Berdasarkan hasil uji coba, kepraktisan media pembelajaran *augmented reality* (AR) 3D dengan *assemblr edu* sebesar 96,04% sehingga media berada pada kriteria sangat praktis dan layak digunakan tanpa revisi. Aspek materi memperoleh skor 96,88% yang menunjukkan media sangat bermanfaat untuk memahami bangun ruang secara interaktif oleh siswa. Aspek perolehan memperoleh skor 96,67% yang menunjukkan media ini mampu meningkatkan motivasi dan minat siswa dalam mempelajari matematika. Aspek isi memperoleh skor 96,00% yang menunjukkan tampilan, kegunaan, desain, dan interaksi media cukup menarik dan nyaman. Kesimpulan dari hasil uji coba terbatas ini adalah sebagai bukti kuat bahwa media AR 3D menggunakan *assemblr edu* memang sangat efektif dan praktis untuk pembelajaran bangun ruang, serta layak digunakan secara lebih luas.

d. Revisi Produk

Hasil validasi dan pengujian terbatas Materi pembelajaran 3D *augmented reality* (AR) dengan *assemblr edu* dinilai layak untuk diimplementasikan tanpa modifikasi besar, berdasarkan hasil validasi dan hasil pengujian terbatas. Materi tersebut memberikan validasi dengan validitas yang sangat tinggi oleh para ahli media dan materi, 100% dari sisi materi dan 92% dari sisi media. Namun, kami menerima beberapa umpan balik teknis selama uji coba, yaitu:

- 1) Perbaiki tampilan tombol pilihan pada menu soal.
- 2) Kesiapan jaringan internet saat implementasi.

Oleh karena itu, kita dapat menggunakan media *assemblr edu* 3D AR di kelas tanpa mengubah konten inti dan susunannya. Uji lapangan yang lebih luas diperlukan untuk lebih

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i1.12919>

mengungkap keefektifan media dalam memfasilitasi siswa kelas V SDN Inpres Kale'o untuk memahami bangun ruang. Karena umpan balik tidak relevan dengan konten aturan dan dengan demikian substansinya, maka tidak ada yang perlu dikerjakan ulang pada produk sebelum melakukan uji lapangan. Komentar-komentar ini akan dipertimbangkan selama proses implementasi untuk meningkatkan pembelajaran.

4. Identifikasi Kebutuhan (*Require*)

Ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi agar dapat menggunakan media pembelajaran berbasis *augmented reality* (AR) dengan *assemblr edu* dengan cara yang dapat memaksimalkan potensi pembelajaran mereka. Persyaratan ini meliputi hal-hal seperti perangkat, aplikasi, jaringan dan seberapa siap pendidik dan siswa untuk menggunakan media tersebut:

a. Perangkat

Diperlukan ponsel pintar atau tablet dengan spesifikasi minimum iOS 12 atau *android* 8.0 untuk mengakses materi ini. Hal ini bertujuan untuk menjamin bahwa perangkat dapat menjalankan program *assemblr edu* tanpa mengalami masalah teknis apa pun. Untuk memindai kode QR dan menampilkan model AR sebaik mungkin, ponsel pintar juga harus memiliki kamera yang berfungsi.

b. Aplikasi

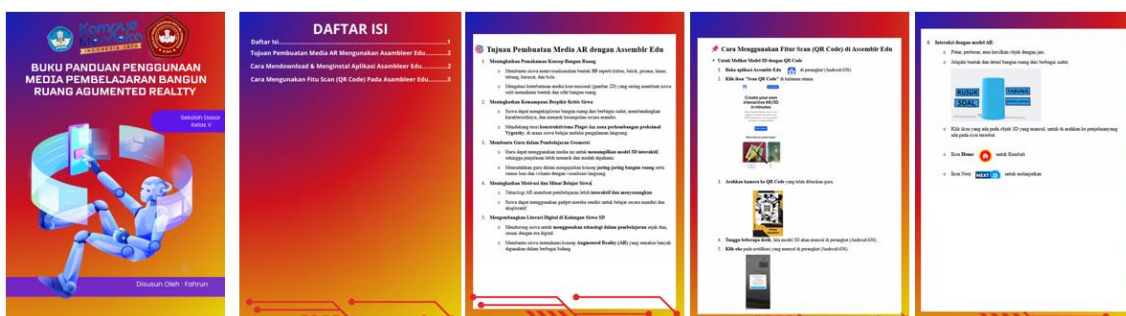
Assemblr edu merupakan platform utama untuk memamerkan model AR. Aplikasi ini harus dimuat di ponsel pintar guru dan siswa. Untuk memastikan semua fitur berfungsi dengan baik dan media dapat digunakan sesuai dengan tujuan pembelajaran, aplikasi harus dikonfigurasi dan diuji sebelum pembelajaran dilaksanakan.

c. Jaringan Internet

Jaringan internet yang stabil diperlukan baik untuk mengunduh maupun mengakses materi pembelajaran. Oleh karena itu, untuk mencegah gangguan saat menggunakan media, kesiapan jaringan internet harus dipastikan sebelum pembelajaran dilaksanakan.

d. Panduan Pengguna

Guru dan siswa harus diberikan panduan penggunaan untuk memastikan penggunaan media sebaik mungkin. Tutorial ini menjelaskan cara menggunakan elemen pembelajaran interaktif, menavigasi aplikasi *assemblr*, dan mengakses materi. Untuk membantu siswa memanfaatkan di kelas, guru juga harus mengikuti instruksi singkat tentang penggunaannya pada buku panduan pada Gambar 3.



Gambar 3. Buku Panduan

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i1.12919>

5. Evaluasi (*Evaluate*)

Tujuan evaluasi untuk memberikan penilaian dalam menentukan seberapa baik siswa memahami konsep saat membangun bangun ruang menggunakan media pembelajaran berbasis *augmented reality* (AR) menggunakan *assemblr edu*. Uji coba skala lebih luas dan analisis *pre-test* dan *post-test* merupakan bagian dari penilaian ini

untuk melihat seberapa efektif media meningkatkan pemahaman siswa.

a) Uji Coba Skala Lebih Luas

Setelah uji coba terbatas, 12 siswa kelas V SDN Inpres Kale'o berpartisipasi dalam uji coba lebih besar. Hasil angket menunjukkan bahwa media ini sangat membantu siswa dapat di lihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Hasil rekapitulasi angket kepraktisan siswa

| No | Aspek | Total Skor | Persentase | Kategori Kepraktisan | Keterangan |
|--------------|----------|------------|------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | Materi | 229 | 96% | Sangat Praktis | Layak digunakan |
| 2 | Manfaat | 350 | 97% | Sangat Praktis | Layak digunakan |
| 3 | Tampilan | 289 | 96% | Sangat Praktis | Layak digunakan |
| Total | | 868 | 93% | Sangat Praktis | Layak digunakan |

Tabel 8. Hasil Rekapitulasi Angket Kepraktisan Guru

| No | Aspek | Total Skor | Persentase | Kategori Kepraktisan | Keterangan |
|--------------|----------|------------|------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | Materi | 23 | 92% | Sangat Praktis | Layak digunakan |
| 2 | Manfaat | 34 | 94% | Sangat Praktis | Layak digunakan |
| 3 | Tampilan | 19 | 95% | Sangat Praktis | Layak digunakan |
| Total | | 76 | 93% | Sangat Praktis | Layak digunakan |

Berdasarkan Tabel 7 dan Tabel 8 menunjukan siswa kelas V SDN Inpres Kale'o dalam memahami pembelajaran bangun ruang dengan kepraktisan mencapai 96% untuk materi, 97% untuk manfaat, dan 96% untuk tampilan, yang semuanya masuk dalam kategori Sangat Praktis. Pakar materi dan media berbasis *augmented reality* (AR) *assemblr edu* memiliki validitas yang sangat tinggi, yakni 95,45%. Menurut Wu et al (2024) visualisasi interaktif meningkatkan pemahaman siswa, terutama untuk ide-ide abstrak seperti bangun ruang. Temuan ini konsisten dengan teori ini. Temuan ini diperkuat oleh teori beban kognitif (Sweller et al., 2019) yang menyatakan bahwa media berbasis AR memudahkan anak-anak memahami objek 3D daripada gambar 2D. Selain

itu, penelitian terbaru menunjukkan bahwa penggunaan teknologi *Augmented Reality* mampu meningkatkan pemahaman spasial dan konseptual siswa secara signifikan dibandingkan media 2 dimensi (Zarkasyi et al., 2024)

b) Analisis Keefektifan Media Pembelajaran *Augmented Reality*

Analisis keefektifan media pembelajaran *augmented reality* dengan membandingkan hasil tes awal dan tes akhir siswa setelah menggunakan media pembelajaran *augmented reality* AR dengan *assemblr edu*, Efektivitas media dianalisis untuk mengetahui sejauh mana media mampu meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi bangun ruang.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i1.12919>

1) Perbandingan Hasil *Pret-test* dan *Post-test*

Untuk mengukur peningkatan pemahaman siswa, dilakukan tes sebelum (*pre-test*) dan setelah (*post-test*) penggunaan media pembelajaran berbasis AR. Pengukuran berdasarkan hasil perbandingan, penggunaan media berbasis AR meningkatkan skor rata-rata sebesar 51,18 poin. Hal ini menunjukkan bahwa setelah menggunakan media belajar ini, pemahaman siswa terhadap konsep bangun ruang meningkat. Meskipun demikian, 10 dari 18 siswa (55,56%) mampu memperoleh skor sempurna setelah menggunakan media, sementara siswa lainnya melihat peningkatan yang signifikan dalam hasil mereka. Hal ini menunjukkan bagaimana penggunaan materi AR secara signifikan meningkatkan pemahaman siswa.

2) Analisis *N-Gain Score*

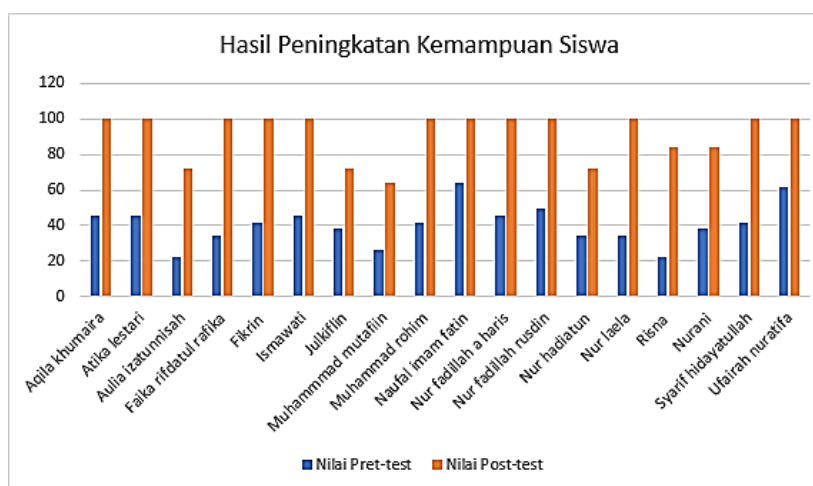
Peningkatan pemahaman siswa dihitung dengan *N-Gain Score* sebesar 0,86, yang dikategorikan tinggi. Ini

menunjukkan bahwa media AR sangat efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep bangun ruang. yang dapat dilihat pada grafik.

3) Analisis Kemampuan Berpikir Kritis

Peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa yang terintegrasi dalam soal *pre-test* dan *post-test* juga digunakan untuk mengevaluasi efektivitas media tersebut. Kemampuan analisis, penilaian dan pengambilan kesimpulan termasuk di antara indikator yang digunakan.

Hasil temuan menunjukkan bahwa kemampuan siswa untuk menganalisis bentuk *geometris*, menilai hubungan antar elemen *geometris*, dan membuat kesimpulan dari pengamatan objek tiga dimensi meningkat setelah menggunakan media *augmented reality* ditambah (AR). Peningkatan ini menunjukkan bahwa media AR mendorong kemampuan berpikir kritis melalui interaksi langsung, penyelidikan mandiri, dan pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan bermakna, selain memfasilitasi pemahaman konseptual.



Gambar 4 Grafik peningkatan pemahaman siswa berdasarkan *pre-test* dan *post-test*

Peningkatan pemahaman yang signifikan terungkap dari penggunaan *Pre-test* dan *Post-test* (*N-Gain Score* sebesar 0,86). Hasil penelitian menun-

unjukkan bahwa penggunaan media *augmented reality* (AR) berbasis *assemblr edu* membuat siswa jauh lebih baik dalam memahami konsep dan berpikir

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i1.12919>

kritis. Hasil ini menunjukkan bahwa visualisasi 3D interaktif membantu siswa mengembangkan kemampuan konseptual dan kemampuan berpikir kritis yang lebih akurat daripada media 2D, yang memudahkan mereka untuk memahami konsep bangun ruang.

Secara teoritis, peningkatan ini dapat dijelaskan melalui pendekatan *konstruktivisme* dan Zona Perkembangan Proksimal (ZPD) yang diperkenalkan oleh Vygotsky, yang menyatakan bahwa pembelajaran paling efektif ketika siswa diberikan media yang mendorong eksplorasi dan interaksi (Luckin & Du Boulay, 2016). Dalam hal ini, media AR bertindak sebagai scaffolding digital yang membantu siswa menghubungkan apa yang mereka lihat dengan apa yang mereka ketahui dan mendorong mereka untuk berpikir lebih dalam.

Hasil utama penelitian ini adalah dua hal meningkat secara bersamaan: pemahaman siswa tentang konsep dan kemampuan mereka untuk berpikir kritis. Ada sejumlah alasan untuk peningkatan ini: (1) visualisasi objek tiga dimensi konkret yang memudahkan pemahaman; (2) partisipasi aktif siswa dalam mengeksplorasi objek secara mandiri; dan (3) kemudahan penggunaan platform *assemblr edu*, yang mendorong pembelajaran interaktif. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Wahyuni dan Putri (2020) yang menemukan bahwa penggunaan AR dalam pelajaran bangun ruang membuat siswa lebih mudah memahami. Namun, penelitian ini memberikan kontribusi baru dengan menunjukkan bahwa peningkatan ini terjadi secara bersamaan pada siswa sekolah dasar ketika mereka belajar tentang bangun ruang. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa masalah. Misalnya, hanya meneliti

sejumlah kecil siswa dari satu sekolah dan bergantung pada perangkat digital dan koneksi internet.

Penelitian ini menunjukkan bahwa media AR berbasis *assemblr edu* dapat menjadi cara baru bagi siswa sekolah dasar untuk belajar matematika, terutama dalam hal membantu mereka memahami konsep dan berpikir kritis. Penelitian ini secara teoritis memperkuat penggabungan pendekatan konstruktivis dengan penerapan teknologi digital dalam pendidikan.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan media pembelajaran *augmented reality* yang memanfaatkan platform *assemblr edu* yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual bangun ruang dan kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar. Temuan studi menunjukkan bahwa media yang dibuat memenuhi standar sangat valid (95,45%), sangat bermanfaat (95,72%), dan sangat efektif (dengan nilai N-Gain 0,86, yang merupakan kategori tinggi). Temuan utama studi ini adalah peningkatan simultan dalam pemahaman konseptual dan kemampuan berpikir kritis siswa setelah penggunaan media. Jadi, media *augmented reality* berbasis *assemblr edu* dapat digunakan sebagai cara baru dan menyenangkan untuk belajar matematika di sekolah dasar.

Terlepas dari efektivitasnya, media tersebut masih banyak kekurangan. Pertama, penggunaan media tersebut menggunakan teknologi dan koneksi internet yang menjadi kendala bagi sekolah dengan infrastruktur yang kurang memadai. Kedua, hasil penelitian ini tidak dapat digeneralisasikan karena penelitian ini dilakukan dengan jumlah sampel hanya 18 siswa dari SDN Inpres Kale'o. Ketiga,

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i1.12919>

diperlukan penelitian untuk mengeksplorasi implikasi jangka panjang AR terhadap keterampilan berpikir kritis. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang dampak *augmented reality* terhadap pembelajaran aritmatika dan mengikutsertakan sampel yang lebih besar dari sekolah lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, A., Herman, T., Suryadi, D., Mursalim,., Alman,., Putra, E. D., & Blegur, J. (2025). Integrating Augmented Reality in Mathematics Learning to Improve Critical Thinking Skills of Elementary School Students. *Emerging Science Journal*, 9(2), 764–779.
<https://doi.org/10.28991/ESJ-2025-09-02-014>
- Arnal-Bailera, A., & Manero, V. (2024). A Characterization of Van Hiele's Level 5 of Geometric Reasoning Using the Delphi Methodology. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 22(3), 537–560.
<https://doi.org/10.1007/s10763-023-10380-z>
- Buchori, A., Ganda Putra, F., & Rahmawati, N. D. (2024). AR-based interactive GeoGebra learning media for optimizing transformation geometry learning in hinger education. *INDONESIA JOURNAL OF SCIENCE MATHEMATICS EDUCATION*.
<https://doi.org/10.24042/ijsme.v5i1.21345>
- Götz, D., & Gasteiger, H. (2022). Reflecting geometrical shapes: approaches of primary students to reflection tasks and relations to typical error patterns. *Educational Studies in Mathematics*, 111(1), 47–71.
<https://doi.org/10.1007/s10649-022-10145-5>
- Hanid, M.F.A., Said, M.N.M, Yahaya, N., & Abdullah, Z. (2022). Effects of augmented reality application integration with computational thinking in geometry topics. *Education and Information Technologies*, 27(7), 9485–9521.
<https://doi.org/10.1007/s10639-022-10994-w>
- Jdaitawi, M., Muhaidat, F., Alsharoa, A., Alshlowi, A., Torki, M., & Abdelmoneim, M. (2023). The Effectiveness of Augmented Reality in Improving Students Motivation: An Experimental Study. *Athens Journal of Education*, 10(2), 365–380.
<https://doi.org/10.30958/aje.10-2-10>
- Karaduman, G. B., & Cihan, H. (2018). The effect of multiple intelligence theory on students' academic success in the subject of geometric shapes in elementary school. *International Journal of Higher Education*, 7(2), 227–233.
<https://doi.org/10.5430/ijhe.v7n2p227>
- Rosita, R., Safitri, R. D., Suwarma, D. M., Muyassaroh, I., & Jenuri. (2024). Pendekatan konstruktivisme terhadap peningkatan hasil belajar siswa sd. *Jurnal Review Pendidikan Dasar*, 10(3), 238–247.
<https://doi.org/10.26740/jrpd.v10n3.p238-247>
- Khoiriyah, A. N., Subali, B., & Linuwih, S. (2022). Development of interactive learning media to foster the creativity of elementary school students. *Journal of Primary Education*, 11(3), 345–358.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i1.12919>

- <https://doi.org/https://doi.org/10.15294/jpe.v11i3.54134>
- Luckin, R., & Du Boulay, B. (2016). Reflections on the Ecolab and the Zone of Proximal Development. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 416–430.
<https://doi.org/10.1007/s40593-015-0072-x>
- Mohamed, D. A., & Kandeel, M. M. (2023). Playful Learning: Teaching the Properties of Geometric Shapes through Pop-up Mechanisms for Kindergarten. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 11(1), 179–197.
<https://doi.org/10.46328/ijemst.2921>
- Pocan, S., Altay, B., & Yaşaroğlu, C. (2023). The Effects of Mobile Technology on Learning Performance and Motivation in Mathematics Education. *Education and Information Technologies*, 28(1), 683–712.
<https://doi.org/10.1007/s10639-022-11166-6>
- Rahman, A. A., & Nasryah, C. E. (2019). *Evaluasi Pembelajaran*. Uwais Inspirasi Indonesia.
- Rustandi, A., Haeruddin, & Darmansyah. (2022). Penerapan model assure dalam mengembangkan media pembelajaran di smkn 3 penajam paser utara. *Utile: Jurnal Kependidikan*, 8(1), 6–18.
<https://doi.org/https://doi.org/10.37150/jut.v8i1.1436>
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292.
<https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Umam, K., Fatayan, A., Nuriadin, I., & Azhar, E. (2024). Apakah Augmented Reality Dapat Menstimulus Pemahaman Konsep dan Visualisasi Geometri Siswa. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 13(2), 720–729.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24127/ajpm.v13i2.8784>
- Wahyuni, S., & Putri, D. P. (2020). Karakteristik instrumen penilaian akhir semester mata pelajaran matematika di smkn 1 braja sebelah. *Journal of Mathematics Education*, 1(2), 126–134.
<https://doi.org/10.24042/jmep.v1i2.6159>
- Wu, J., Jiang, H., Long, L., & Zhang, X. (2024). Effects of AR mathematical picture books on primary school students' geometric thinking, cognitive load and flow experience. *Education and Information Technologies*.
<https://doi.org/10.1007/s10639-024-12768-y>
- Žakelj, A., & Klančar, A. (2022). The Role of Visual Representations in Geometry Learning. *European Journal of Educational Research*, 11(3), 1393–1411.
<https://doi.org/10.12973/eu-jer.11.3.1393>
- Zarkasyi, M. H., Abidin, Z., & Praherdhiono, H. (2024). Beban Kognitif Siswa Dalam Pembelajaran Berdasarkan Kurikulum Merdeka Sekolah Dasar. *Journal of Educational Technology Studies and Applied Research*, 1(2), 1–7.
<https://doi.org/10.70125/jetsar.v1i2y2024a18>