

Geoar Math Berbasis *Augmented Reality* untuk Meningkatkan Pemahaman Siswa Terhadap Bangun Datar

Siti Sopiaturida^{1✉}, Anna Maria Oktaviani², Sastra Wijaya³

^{1, 2, 3} Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Primagraha,
Jl. Raya Trip Jamak Sari, Kota Serang, kode pos 42111, Indonesia
ridarid861@gmail.com

Abstract

An Android-based Augmented Reality (AR) program named GeoAR Math was developed and tested by researchers from SDN Ciputat in Serang City to assist second-grade students in learning 2D shapes. This research and development (R&D) study employed Thiagarajan's 4D model (comprising the Define, Design, Develop, and Disseminate stages). The study involved a mathematics instructor, three experts (in subject matter, media, and language), and 30 second-grade students. Data collection was conducted through observations, interviews, expert validation sheets, teacher and student response surveys, and learning outcome assessments using pre-tests and post-tests. Descriptive percentage statistics, paired-sample t-tests, and N-Gain analysis were used to evaluate the media's validity and effectiveness. Experts awarded GeoAR Math an average validity score of 83.90%, confirming the media's validity. The average pre-test score was 61.64 and the post-test score was 84.70, resulting in an N-Gain score of 0.60, which falls into the medium category. The paired-sample t-test indicated a significant change in student knowledge following the use of the media ($p = 0.000$; < 0.05). Students (93.83%) and teachers (91.07%) also provided positive responses. In conclusion, the Augmented Reality-based GeoAR Math application proved to be a valid, useful, and effective alternative for geometry learning in elementary schools.

Keywords: Augmented Reality, GeoAR Math, Two-Dimensional Shapes, Discovery Learning, Elementary Mathematics

Abstrak

Program Augmented Reality (AR) berbasis Android bernama GeoAR Math dikembangkan dan diuji oleh peneliti dari SDN Ciputat di Kota Serang untuk membantu siswa kelas dua mempelajari bentuk bangun datar (2D). Penelitian pengembangan (R&D) ini menggunakan model 4D dari Thiagarajan (meliputi tahap Define, Design, Develop, dan Disseminate). Studi ini melibatkan seorang instruktur matematika, tiga orang ahli (bidang materi, media, dan bahasa), serta 30 siswa kelas dua. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, lembar validasi ahli, survei respons guru dan siswa, serta penilaian hasil belajar melalui pre-test dan post-test. Statistik persentase deskriptif, uji-t sampel berpasangan (paired-sample t-test), dan analisis N-Gain digunakan untuk mengevaluasi validitas serta efektivitas media tersebut. Para ahli memberikan skor validitas rata-rata sebesar 83,90% untuk GeoAR Math, yang mengonfirmasi validitas media tersebut. Skor rata-rata pre-test adalah 61,64 dan skor post-test adalah 84,70, menghasilkan skor N-Gain sebesar 0,60 yang tergolong dalam kategori sedang. Uji-t sampel berpasangan menunjukkan adanya perubahan signifikan pada pengetahuan siswa setelah penggunaan media ($p = 0,000$; $< 0,05$). Siswa (93,83%) dan guru (91,07%) juga memberikan respons yang positif. Sebagai kesimpulan, aplikasi GeoAR Math berbasis Augmented Reality terbukti menjadi alternatif yang valid, bermanfaat, dan efektif untuk pembelajaran geometri di sekolah dasar.

Kata kunci: Augmented Reality, GeoAR Math, Bangun Datar, Discovery Learning, Pembelajaran Matematika SD

Copyright (c) 2026 Siti Sopiaturida, Anna Maria Oktaviani, Sastra Wijaya

✉ Corresponding author: Siti Sopiaturida

Email Address: ridarid861@gmail.com (Jl. Raya Trip Jamak Sari, Kota Serang, kode pos 42111, Indonesia)

Received 05 August 2026, Accepted 12 September 2026, Published 16 September 2026

DoI: <https://doi.org/10.31004/cendekia.v10i3.5479>

PENDAHULUAN

Matematika merupakan bagian penting dalam pendidikan sekolah dasar karena membantu anak belajar berpikir logis, mengorganisasi informasi, serta memecahkan masalah. Salah satu bidang matematika yang harus dipelajari siswa sejak awal adalah geometri, yaitu studi mengenai bangun datar (bentuk dua dimensi). Keterampilan ini diperlukan untuk jenjang matematika selanjutnya, di mana

siswa akan mempelajari konsep ruang dan pengukuran. Capaian Pembelajaran Fase A dalam *Kurikulum Merdeka* menyatakan bahwa siswa kelas dua diharapkan mampu mengenali, menyebutkan nama, dan membedakan berbagai bangun datar dengan mengamati objek di dunia nyata, bukan sekadar menghafal nama dan rumus.

Untuk memahami bangun datar secara optimal, siswa perlu melihat dan berinteraksi langsung dengan bentuk-bentuk tersebut. Pembelajaran mengenai bentuk dan pengukuran di sekolah dasar menunjukkan bahwa siswa memperoleh manfaat terbesar dari keterampilan geometri awal mereka ketika mereka memiliki pengalaman praktis yang melibatkan aspek visual-spasial, alih-alih hanya melihat gambar di buku teks (Van den Heuvel-Panhuizen & Elia, 2011). Sayangnya, kondisi ideal ini belum sepenuhnya terwujud dalam praktik pengajaran di sekolah dasar.

Di SDN Ciputat, Kota Serang, hasil wawancara dan observasi menunjukkan bahwa nilai rata-rata siswa kelas dua pada empat keterampilan penting terkait bangun datar mengenali bentuk, membedakan bentuk berdasarkan sifat-sifatnya, memecahkan masalah, dan menggambar bentuk semuanya berada di bawah Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) sebesar 70. Kompetensi mengenali bangun datar memperoleh nilai rata-rata tertinggi (63,2), sedangkan kompetensi menggambar bangun datar dengan benar memperoleh nilai terendah (48,6). Angka-angka ini memperjelas bahwa siswa membutuhkan banyak bantuan dan perhatian terkait keterampilan representasi geometris mereka.

Penelitian lebih lanjut menunjukkan bahwa kurangnya pemahaman ini disebabkan oleh penggunaan media pembelajaran yang terbatas pada gambar dua dimensi di papan tulis, gambar dalam buku teks, serta tayangan video sederhana yang bersifat pasif. Siswa kelas dua masih berada pada tahap perkembangan kognitif operasional konkret, sehingga jenis media tersebut tidak memberikan pengalaman belajar praktis yang memadai. Hal ini menyulitkan mereka untuk benar-benar membayangkan konsep abstrak dari bentuk-bentuk dua dimensi tersebut. *Augmented reality* (AR) menambahkan objek virtual buatan komputer ke dunia nyata secara *real-time*, sehingga menciptakan pengalaman baru yang interaktif (Azuma, 1997). Teknologi ini berpotensi menjadi solusi atas permasalahan tersebut. Tiga karakteristik utama yang mendefinisikan AR adalah: penggabungan dunia nyata dan virtual, interaksi secara *real-time*, serta registrasi objek dalam ruang tiga dimensi (Azuma, 1997; Carmigniani et al., 2011). AR berbasis penanda (*marker-based AR*) dianggap sebagai metode pelacakan terbaik untuk pembelajaran geometri karena memungkinkan siswa memindai kartu gambar dan langsung melihat versi tiga dimensinya (Billinghurst et al., 2015).

Berbagai studi yang dirancang dengan baik menunjukkan bahwa AR di dalam kelas memotivasi, melibatkan, dan meningkatkan pengetahuan siswa mengenai topik tersebut (Akçayır & Akçayır, 2017; Bacca et al., 2014; Radu, 2014; Wu et al., 2013). AR juga terbukti mendukung pendidikan STEM dengan mengubah konsep abstrak menjadi visualisasi yang nyata dan interaktif (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018; Santos et al., 2014). Selain itu, teknologi ini meningkatkan motivasi belajar siswa dan mengurangi beban kognitif dibandingkan dengan penggunaan media cetak konvensional (Cheng, 2017).

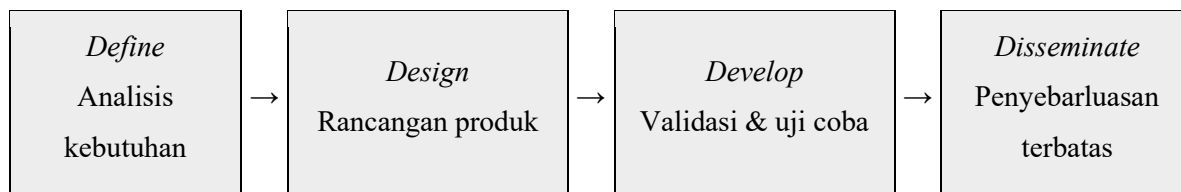
Banyak penelitian menunjukkan bahwa media berbasis AR bermanfaat untuk pembelajaran geometri secara khusus. (Buchori et al., 2023) mengembangkan media AR yang terintegrasi dengan GeoGebra untuk membantu siswa sekolah dasar memahami geometri dengan lebih baik. (Dinayusadewi & Agustika, 2020) membuat aplikasi AR untuk topik geometri tingkat sekolah dasar yang dinilai bermanfaat dan layak diterapkan. (Hanid & Abdullah, 2022) menunjukkan bahwa aplikasi AR meningkatkan pembelajaran geometri. Terakhir, AR meningkatkan kesadaran spasial dan pemahaman geometri pada anak-anak sekolah dasar (Nadzeri et al., 2024) dan (Tarng et al., 2024). Penelitian terbaru oleh (Tefa et al., 2025) juga mendukung efektivitas AR dalam membantu siswa mempelajari geometri dengan lebih baik. Penelitian (Uriarte-Portillo et al., 2023) dan (Del Cerro & Méndez, 2021) menunjukkan bahwa AR yang dirancang secara adaptif dan interaktif benar-benar membantu siswa memahami konsep matematika, seperti fungsi dan geometri. Peneliti di Indonesia (Yanuarto & Iqbal, 2022) menemukan bahwa media AR membantu meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa yang berkaitan dengan konsep geometri. Lebih jauh lagi, (Hidayati et al., 2026) mengembangkan ARGeo Math, sebuah media alternatif berbasis AR yang membantu meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa dalam materi geometri.

Meskipun berbagai penelitian tersebut menunjukkan manfaat AR dalam pembelajaran geometri, sebagian besar studi berfokus pada siswa kelas tinggi atau materi bangun ruang (3D). Di sisi lain, masih sedikit penelitian yang mengembangkan media AR bagi siswa kelas dua untuk mengajarkan konsep dasar bangun datar (2D) dengan memadukan model *Discovery Learning* dan konteks lokal SDN Ciputat di Kota Serang. Aspek inovatif dari penelitian ini terletak pada pengembangan aplikasi *Augmented Reality* berbasis marker bernama "GeoAR Math." Aplikasi ini dilengkapi dengan sembilan kartu visualisasi untuk bangun datar dan bangun ruang, fitur eksplorasi mandiri, serta kuis interaktif yang dirancang untuk membantu siswa berusia 7–8 tahun mengaitkan gagasan geometri yang abstrak dengan pengalaman belajar di dunia nyata. Gagasan di balik GeoAR Math didasarkan pada dua teori: Berdasarkan teori pembelajaran multimedia (Mayer, 2021), yang menyatakan bahwa pembelajaran lebih efektif ketika informasi disajikan secara simultan melalui saluran verbal dan visual serta teori beban kognitif (Sweller et al., 2019) yang menyatakan bahwa desain instruksional yang baik dapat mengurangi beban kognitif yang tidak perlu sehingga siswa dapat menggunakan kapasitas kognitif mereka secara lebih efisien untuk memahami konsep-konsep inti media AR dapat membantu anak-anak belajar matematika secara optimal dengan memanfaatkan prinsip dual-coding dan interaksi tinggi.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) menjelaskan pengembangan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) bernama "GeoAR Math" bagi siswa kelas dua di SDN Ciputat, Kota Serang, dan (2) menentukan apakah media tersebut valid dan bermanfaat untuk mengajarkan materi bangun datar (bentuk 2D).

METODE

Penelitian ini menggunakan teknik Penelitian dan Pengembangan (R&D) untuk membuat dan menguji produk media pembelajaran. Kerangka pengembangan yang digunakan adalah Model 4D. Model ini terdiri dari empat tahapan: *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), dan *disseminate* (penyebarluasan). Paradigma ini dipilih untuk menghasilkan materi pembelajaran sekolah dasar berbasis teknologi karena sifatnya yang terorganisasi, pendekatannya yang sistematis, serta adanya evaluasi berkelanjutan. Gambar 1 menampilkan tahapan model pengembangan 4D dalam penelitian ini.



Gambar 1. Tahapan Model Pengembangan 4D

Sumber: Diolah oleh peneliti berdasarkan (Thiagarajan et al., 1974).

Tahap *Define* mencakup analisis awal (*front-end analysis*), analisis peserta didik, analisis tugas, analisis konsep, dan perumusan tujuan pembelajaran untuk menentukan materi pembelajaran bangun datar yang diperlukan. Peta situs (*sitemap*), diagram alur (*flowchart*), dan *storyboard* aplikasi disusun sebagai bagian dari tahap *Design* (Perancangan). Instrumen tes acuan kriteria juga disiapkan, serta format media dan penyajian ditentukan. Platform *Unity 3D* digunakan untuk mengembangkan aplikasi *GeoAR Math*. *Vuforia* digunakan sebagai sistem pelacakan penanda (*marker tracking*) untuk mendukung fitur AR berbasis penanda (Billingham et al., 2015), sedangkan *Blender* digunakan untuk mengubah bentuk 2D menjadi model 3D. Pada tahap *Develop* (Pengembangan), para ahli media, materi, dan bahasa memberikan masukan mereka. Tahap ini dilanjutkan dengan uji coba pengembangan, yang mencakup uji coba perorangan, uji coba kelompok kecil, dan uji coba lapangan. Tahap *Disseminate* (Penyebarluasan) dalam skala kecil dilakukan dengan mengemas produk akhir dan menyerahkannya kepada guru-guru di SDN Ciputat.

Tiga orang ahli masing-masing di bidang materi, media, dan bahasa dipilih berdasarkan keahlian mereka, bersama dengan seorang guru kelas II dan 30 siswa kelas II dari SDN Ciputat, Kota Serang. Para siswa berpartisipasi dalam tiga tahap pengujian: uji coba perorangan dengan tiga siswa, uji coba kelompok kecil dengan 12 siswa, dan uji efektivitas yang melibatkan seluruh 30 siswa kelas II. Penelitian ini dilaksanakan di SDN Ciputat, Kota Serang, Provinsi Banten.

Kuesioner respons siswa dan guru digunakan untuk menilai kegunaan media; lembar validasi ahli dengan skala Likert 1–4 digunakan untuk menilai aspek materi, media, dan bahasa; serta tes hasil belajar yang terdiri dari 10 soal pilihan ganda dan 5 soal esai (mencakup tingkat kognitif C1–C4) digunakan untuk mengukur pemahaman siswa mengenai bangun datar dua dimensi (2D) sebelum dan sesudah penggunaan *GeoAR Math*. Data validitas dianalisis menggunakan rumus $P = (\sum x / S_{max}) \times$

100%. Kategori yang digunakan adalah: sangat valid ($>80\%$), valid ($60\%–80\%$), cukup valid ($40\%–60\%$), kurang valid ($20\%–40\%$), dan tidak valid ($\leq 20\%$). Nilai *Normalized Gain* (N-Gain) diperoleh menggunakan rumus $g = (S_{\text{post}} - S_{\text{pre}}) / (S_{\text{ideal}} - S_{\text{pre}})$ untuk menilai efektivitas media. Hasil *N-Gain* diklasifikasikan menjadi kategori tinggi ($g > 0,7$), sedang ($0,3 \leq g \leq 0,7$), dan rendah ($g < 0,3$). Uji-t sampel berpasangan (*paired-sample t-test*) digunakan untuk menentukan signifikansi hasil belajar yang dicapai melalui penggunaan media tersebut. Nilai signifikansi dua arah (*2-tailed*) sebesar 0,05 digunakan sebagai dasar penolakan hipotesis nol (H_0).

HASIL DAN DISKUSI

Hasil

Proses Pengembangan Media GeoAR Math

Pada tahap *Define* (pendefinisian), ditemukan bahwa siswa kelas dua di SDN Ciputat mempelajari bangun datar (2D) sebagian besar melalui media pasif seperti gambar dua dimensi dan film animasi. Sebuah studi menggunakan kuesioner mengungkapkan bahwa 89% siswa merasa lebih mudah memahami geometri jika dapat melihatnya dalam bentuk 3D, 93% menginginkan media yang dapat diakses melalui ponsel mereka, 71% mengalami kesulitan memahami bangun ruang (3D), dan 65% membutuhkan umpan balik secara langsung. Hasil-hasil tersebut digunakan untuk mengembangkan GeoAR Math, sebuah permainan *Augmented Reality* (AR) untuk *Android*.

Splash screen, menu utama, konten bangun datar, fungsi kamera AR, dan komponen penilaian pembelajaran merupakan bagian dari rancangan aplikasi pada tahap *Design* (perancangan). Rancangan ini dilengkapi dengan modul pembelajaran berbasis *Discovery Learning*, lembar kerja eksplorasi AR, serta sembilan kartu AR yang menampilkan empat bangun datar dan lima bangun ruang. Produk tersebut dibuat sesuai dengan spesifikasi desain dan diperiksa oleh tiga validator ahli pada tahap *Develop* (pengembangan). Tabel 1 menyajikan hasil validasi secara keseluruhan.

Tabel 1. Hasil Validasi Ahli terhadap Aplikasi GeoAR Math

No	Komponen Validasi	Persentase	Kriteria
1	Materi	92,00%	Sangat Valid
2	Bahasa	86,25%	Sangat Valid
3	Instrumen Non-Tes	83,75%	Valid
4	Instrumen Tes	78,75%	Valid
5	Media	78,75%	Valid
	Rata-rata Keseluruhan	83,90%	Valid

Sumber: Hasil validasi ahli, diolah oleh peneliti (2026).

Berdasarkan Tabel 1, skor rata-rata validitas aplikasi GeoAR Math adalah 83,90%, yang menjadikannya "valid" dan layak digunakan dalam pembelajaran. Aspek materi memperoleh skor tertinggi (92,00%), khususnya pada kesesuaian dengan kurikulum (96,00%). Hal ini menunjukkan bahwa materi geometri 2D dalam aplikasi tersebut tersusun dengan baik dan memenuhi Capaian Pembelajaran Fase A *Kurikulum Merdeka*. Aspek media memperoleh skor terendah (78,75%) namun

tetap dinyatakan valid. Indikator teknis, yang mencakup fungsionalitas AR dan stabilitas sistem, memperoleh skor tertinggi (85,00%) dalam aspek ini.

Selanjutnya, dilakukan uji coba secara individual (*one-on-one*) dan kelompok kecil terhadap aplikasi tersebut untuk mengetahui tingkat kebermanfaatannya sebelum dilakukan uji efisiensi berskala penuh; hasil uji coba ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Coba One-to-One dan Small Group

Aspek	One-to-One (n=3)	Small Group (n=12)
Kemudahan Penggunaan	91,67%	91,67%
Tampilan & Desain Visual	96,67%	94,58%
Konten & Materi	91,67%	92,50%
Motivasi & Keterlibatan	95,00%	93,75%
Rata-rata (Kategori)	93,75% (Sangat Baik)	93,12% (Sangat Baik)

Sumber: Diolah oleh peneliti (2026).

Hasil dari kedua tahap uji coba tersebut senantiasa berada dalam kategori "sangat baik" (di atas 93%), dengan skor tertinggi diraih oleh aspek antarmuka dan desain visual. Hasil ini menunjukkan bahwa GeoAR *Math* mudah digunakan, memiliki tampilan yang menarik, serta mampu memotivasi siswa kelas dua untuk belajar sejak tahap uji coba. Dengan demikian, aplikasi ini layak untuk melanjutkan ke tahap uji efisiensi skala penuh (*Disseminate*).

Keefektifan Media GeoAR Math terhadap Pemahaman Bangun Datar

Efektivitas GeoAR *Math* diukur melalui perbandingan hasil pretest dan posttest terhadap 30 siswa kelas II, sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Statistik Deskriptif Hasil Pretest dan Posttest

Statistik	Pretest	Posttest
N	30	30
Nilai Tertinggi	95,5	96,4
Nilai Terendah	23,6	65,5
Rata-rata	61,64	84,70
Standar Deviasi	19,11	6,59

Sumber: Diolah oleh peneliti (2026).

Pada *post-test*, nilai rata-rata siswa meningkat dari 61,64 pada *pre-test* menjadi 84,70 suatu kenaikan sebesar 23,06 poin atau 37,41%. Nilai rata-rata *post-test* tersebut melampaui Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) sebesar 70, dan simpangan baku menurun dari 19,11 menjadi 6,59, yang menunjukkan bahwa pemahaman siswa menjadi lebih konsisten setelah menggunakan GeoAR *Math*. Alat ini bermanfaat baik bagi siswa berprestasi tinggi maupun siswa yang sebelumnya belum mencapai standar ketuntasan. Besarnya peningkatan pemahaman diukur menggunakan *N-Gain*, dan hasilnya disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan *N-Gain*

Rata-rata Pretest	Rata-rata Posttest	<i>N-Gain</i>	Kategori
61,64	84,70	0,60	Sedang

Sumber: Diolah oleh peneliti (2026).

Nilai *N-Gain* sebesar 0,60 pada *GeoAR Math* menunjukkan bahwa media ini membantu siswa memahami bentuk dua dimensi. Tabel 5 menyajikan signifikansi peningkatan tersebut berdasarkan hasil uji-t sampel berpasangan (*paired-sample t-test*).

Tabel 5. Hasil Uji Paired Sample t-Test

Data	t hitung	Df	Sig. (2-tailed)
Pretest – Posttest	6,359	29	0,000

Sumber: Diolah oleh peneliti (2026).

Hipotesis alternatif (H1) diterima, sedangkan hipotesis nol (H0) ditolak pada tingkat signifikansi 0,000. Pemahaman siswa meningkat secara signifikan setelah menggunakan *GeoAR Math*. Data statistik menunjukkan bahwa strategi pembelajaran ini meningkatkan pengetahuan siswa mengenai bentuk dua dimensi.

Hasil kuesioner dari siswa dan guru turut mendukung efektivitas media tersebut (Tabel 6).

Tabel 6. Hasil Angket Respons Siswa dan Guru

Responden	Persentase	Kategori
Siswa (n=30)	93,83%	Sangat Baik
Guru (n=1)	91,07%	Sangat Baik

Sumber: Diolah oleh peneliti (2026).

Aspek yang memperoleh penilaian tertinggi dari siswa adalah desain dan tampilan visualnya (95,50%). Sementara itu, aspek yang mendapat penilaian tertinggi dari guru adalah kesesuaian materi, efektivitas pembelajaran, dan ketahanan penggunaan (100,00%). Hasil ini menunjukkan bahwa *GeoAR Math* disukai baik oleh siswa (sebagai pengguna utama) maupun guru (yang memfasilitasi pembelajaran siswa).

Diskusi

Dengan skor rata-rata 83,90%, penelitian ini menunjukkan bahwa *GeoAR Math* memenuhi kriteria validitas. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Dinayusadewi & Agustika, 2020) serta (Buchori et al., 2023) yang menyatakan bahwa aplikasi AR yang dikembangkan dengan mempertimbangkan minat siswa sekolah dasar dan kurikulum cenderung mendapatkan penilaian positif dari ahli media dan ahli materi. Skor validitas yang tinggi pada aspek materi (92,00%) mendukung gagasan bahwa media pembelajaran berbasis teknologi sebaiknya hanya digunakan jika mampu mengajarkan konsep geometri secara akurat dan selaras dengan tujuan pembelajaran (Hanid & Abdullah, 2022).

Kemampuan AR untuk menghubungkan objek virtual 3D dengan lingkungan nyata secara *real-time* membantu *GeoAR Math* memfasilitasi siswa dalam memahami bentuk 2D, sebagaimana ditunjukkan oleh peningkatan nilai rata-rata dari 61,64 menjadi 84,70 dan nilai *N-Gain* sebesar 0,60 (kategori sedang) (Azuma, 1997; Carmigniani et al., 2011). Siswa dapat langsung melihat bentuk-bentuk 2D dari berbagai sudut menggunakan kartu AR berbasis penanda, berbeda dengan grafik 2D datar pada buku teks (Billinghurst et al., 2015). Siswa kelas dua SD, yang berada pada tahap

perkembangan kognitif operasional konkret, memerlukan objek fisik untuk memahami konsep-konsep abstrak.

Hal ini mendukung prinsip pembelajaran multimodal, yang menyatakan bahwa informasi lebih mudah dipelajari jika disajikan dalam format verbal maupun visual (Mayer, 2021). *GeoAR Math* mengintegrasikan gambar tiga dimensi, teks mengenai rumus, dan interaksi digital, sehingga memungkinkan siswa untuk memproses informasi melalui berbagai cara secara bersamaan. Metode ini mengurangi beban mental tambahan yang muncul saat siswa harus membayangkan bentuk-bentuk geometris di benak mereka. Hal ini sejalan dengan konsep teori beban kognitif (*cognitive load theory*), yang menyatakan bahwa perencanaan pembelajaran yang baik dapat membantu siswa mendayagunakan pikiran mereka secara optimal untuk memahami konsep-konsep dasar (Sweller et al., 2019).

Penelitian AR lainnya di bidang pendidikan geometri mendukung temuan mengenai efektivitas AR ini. (Tarng et al., 2024) dan (Nadzeri et al., 2024) menemukan bahwa AR membantu siswa sekolah dasar mempelajari bentuk dan memvisualisasikan penempatan objek dalam ruang. Peneliti pendidikan matematika asal Indonesia, (Yanuarto & Iqbal, 2022) menemukan hasil serupa. Menurut (Tefa et al., 2025) dan (Uriarte-Portillo et al., 2023) media AR yang adaptif dan interaktif dapat membantu siswa memahami geometri. Penelitian oleh (Hidayati et al., 2026), yang mengembangkan *ARGeo Math* dan menunjukkan bahwa aplikasi AR semacam itu dapat membantu siswa berpikir secara matematis mengenai geometri memberikan kontribusi yang sangat bermanfaat. Hal ini memperkuat posisi *GeoAR Math* sebagai pengembangan media AR yang selaras dengan tren penelitian terkini di bidang tersebut. *GeoAR Math* mendapatkan tanggapan positif dari siswa (93,83%) dan guru (91,07%), yang mendukung hasil penelitian mengenai peningkatan motivasi, minat, dan keterlibatan dalam pembelajaran (Akçayır & Akçayır, 2017; Cheng, 2017). Eksplorasi aktif terhadap objek AR mendukung pembelajaran STEM berbasis teknologi dengan menekankan pengalaman yang bermakna dan interaktif (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2021).

Secara teknis, penggunaan pendekatan AR berbasis penanda (*marker-based AR*) pada *GeoAR Math* yang mengandalkan sembilan kartu penanda untuk memunculkan objek tiga dimensi sesuai dengan prinsip pelacakan dan kalibrasi AR. Prinsip-prinsip ini menekankan pentingnya penyelarasan (*registration*) yang presisi antara objek virtual dan penanda fisik demi mewujudkan pengalaman *Augmented Reality* yang stabil dan akurat (Galvão et al., 2024). Stabilitas teknis ini tercermin dari skor tinggi (85,00%) yang diberikan oleh para ahli media terhadap aspek teknis aplikasi tersebut.

Penelitian ini membuktikan bahwa media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* dapat membantu siswa sekolah dasar memahami bangun datar dua dimensi. *GeoAR Math* meningkatkan pemahaman serta memotivasi siswa. Sekolah dasar dengan karakteristik siswa yang serupa dapat memanfaatkannya sebagai alternatif media pembelajaran geometri.

KESIMPULAN

Hasil penelitian dan pembahasan menunjukkan bahwa keempat tahapan model 4D digunakan untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* bernama "GeoAR Math," yang berfokus pada materi bangun datar (bentuk 2D) bagi siswa kelas dua di SDN Ciputat, Kota Serang. Para ahli di bidang materi, media, dan bahasa memberikan skor validitas rata-rata sebesar 83,90% pada tahap pengembangan (*Develop*). Media ini juga memperoleh predikat "sangat baik" (di atas 93%) dalam uji coba perorangan maupun kelompok kecil.

Pemahaman siswa mengenai bangun datar turut meningkat dengan penggunaan GeoAR Math. Hal ini ditunjukkan oleh kenaikan skor dari 61,64 pada *pre-test* menjadi 84,70 pada *post-test*, dengan nilai *N-Gain* sebesar 0,60 (kategori sedang) dan hasil uji-t sampel berpasangan yang signifikan ($t = 6,359$; $p = 0,000 < 0,05$). Respons siswa dan guru terhadap penggunaan media ini juga sangat positif, masing-masing mencapai angka 93,83% dan 91,07%.

Hal ini membuktikan bahwa GeoAR Math merupakan media pembelajaran matematika berbasis *Augmented Reality* yang valid dan bermanfaat untuk membantu siswa sekolah dasar memahami materi bangun datar. Media ini disarankan sebagai alternatif kreatif bagi guru untuk menjadikan pembelajaran geometri lebih nyata, interaktif, dan bermakna. Selain itu, media ini juga dapat dikembangkan lebih lanjut untuk materi matematika lainnya atau untuk tingkat kelas yang lebih tinggi di masa mendatang.

REFERENSI

- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and Challenges Associated with Augmented Reality for Education: A Systematic Review of the Literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Educational Technology & Society*, 17(4), 133–149.
- Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2015). A survey of augmented reality. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 8(2–3), 73–272.
- Buchori, A., Sulianto, J., & Osman, S. (2023). Interactive Learning Media with Augmented Reality (AR) GeoGebra for Teaching Geometry in Elementary School. *Profesi Pendidikan Dasar*, 10(3), 190–203. <https://doi.org/10.23917/ppd.v10i3.4469>
- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), 341–377.
- Cheng, K.-H. (2017). Reading an Augmented Reality Book: An Exploration of Learners' Cognitive Load, Motivation, and Attitudes. *Interactive Learning Environments*, 25(6), 693–707.

<https://doi.org/10.1080/10494820.2015.1109217>

- Del Cerro, F., & Méndez, G. M. (2021). Application in Augmented Reality for Learning Mathematical Functions. *Mathematics*, 9(4), 369. <https://doi.org/10.3390/math9040369>
- Dinayusadewi, N. P., & Agustika, G. N. S. (2020). Development of Augmented Reality Application as Mathematics Learning Media in Elementary School Geometry Materials. *Journal of Education Technology*, 4(2), 204–210. <https://doi.org/10.23887/jet.v4i2.25372>
- Galvão, M. L., Fogliaroni, P., Giannopoulos, I., Navratil, G., Kattenbeck, M., & Alinaghi, N. (2024). GeoAR: A Calibration Method for Geographic-Aware Augmented Reality. *International Journal of Geographical Information Science*, 38(9), 1800–1826. <https://doi.org/10.1080/13658816.2024.2355326>
- Hanid, M. F., & Abdullah, N. (2022). Effects of Augmented Reality Application Integration in Geometry Learning. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10994-w>
- Hidayati, Y. M., Kholid, M. N., Kusuma, A. A. S., Arifin, A. J., Dessty, A., & Rahmawati, F. P. (2026). ARGeo Math: An Alternative Media to Improve Students' Mathematical Creative Thinking Skills on Geometry Topics. *Contemporary Educational Technology*, 18(2), e648. <https://doi.org/10.30935/cedtech/18320>
- Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2021). Augmented Reality for STEM Learning: A Systematic Review. *Computers & Education*, 123, 109–123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Mayer, R. E. (2021). Evidence-Based Principles for How to Design Effective Instructional Materials. *Educational Psychology Review*, 33(2). <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09597-7>
- Nadzeri, M. B., Musa, M., Meng, C. C., & Ismail, I. M. (2024). The Effects of Augmented Reality Geometry Learning Applications on Spatial Visualization Ability for Primary School Pupils. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 18(16). <https://doi.org/10.3991/ijim.v18i16.47079>
- Radu, I. (2014). Augmented Reality in Education: A Meta-Review and Cross-Media Analysis. *Educational Technology Research and Development*, 62(2), 153–175. <https://doi.org/10.1007/s11423-013-9307-4>
- 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>
- Tarng, W., Huang, J. K., & Ou, K. L. (2024). Improving Elementary Students' Geometric Understanding Through Augmented Reality and Its Performance Evaluation. *Systems*, 12(11), 493. <https://doi.org/10.3390/systems12110493>
- Tefa, M. A. C., Aulia, F., & Slamet, T. I. (2025). Enhancing Geometry Learning Outcomes: The Role of Augmented Reality Media in Mathematics Education. *Edcomtech: Jurnal Kajian Teknologi*

Pendidikan, 10(1), 60–72. <https://doi.org/10.17977/um039v10i12025p60-72>

- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook*. Indiana University.
- 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*, 14(4), 245. <https://doi.org/10.3390/info14040245>
- Van den Heuvel-Panhuizen, M., & Elia, I. (2011). Kindergartners' Performance in Length Measurement and the Effect of Picture Books. *ZDM Mathematics Education*, 43(5), 621–635. <https://doi.org/10.1007/s11858-011-0331-8>
- Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education: A meta-review. *Computers & Education*, 62, 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>
- Yanuarto, W. N., & Iqbal, A. M. (2022). The Augmented Reality Learning Media to Improve Mathematical Spatial Ability in Geometry Concept. *Edumatica: Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(1). <https://doi.org/10.22437/edumatica.v12i01.17615>