



PENGARUH *OPEN-ENDED LEARNING* BERBANTUAN *AUGMENTED REALITY* UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIK SD

Septi Nurul Hasanah¹, Siti Maryam Rohimah², Moh. Nurhadi³

Universitas Pasundan^{1,2,3}

Email : ¹ septinurul063@gmail.com, ² sitimaryamrohimah@unpas.ac.id,
³ mnurhadi@unpas.ac.id

Diterima: 21/6/2026; Direvisi: 10/7/2026; Diterbitkan: 18/7/2026

ABSTRAK

Rendahnya kecakapan kognitif serta keterbatasan kemampuan visualisasi spasial murid dalam mengidentifikasi dan memecahkan soal cerita non-rutin yang abstrak melatarbelakangi penelitian ini. Masalah operasional tersebut memicu adanya kegagalan anak usia dasar dalam merancang strategi penyelesaian matematika yang sistematis. Fokus utama kajian ilmiah ini adalah mendeteksi pengaruh mendalam dari penerapan pola *open-ended learning* berbantuan teknologi *augmented reality* dalam mendongkrak kemampuan pemecahan masalah matematik siswa sekolah dasar. Jalur riset kuantitatif ini menerapkan metode kuasi eksperimen berskema *nonequivalent control group design*. Sebanyak 44 murid kelas V di lingkungan sekolah dasar tersebut dilibatkan sebagai subjek amatan melalui teknik *sampling purposive*, lalu dianalisis menggunakan uji statistik non-parametrik *Mann-Whitney U*. Data kuantitatif hasil evaluasi akhir (*posttest*) secara empiris menyingkap disparitas performa yang sangat nyata, di mana kelompok eksperimen sukses meraih rerata nilai sebesar 73,33, sedangkan kelas kontrol hanya memperoleh angka 61,30. Pengukuran ukuran efek (*effect size*) koefisien korelasi menghasilkan skor sebesar 0,36, yang mengindikasikan kekuatan pengaruh berada pada kategori sedang (*medium effect*). Simpulan utama menegaskan bahwa kolaborasi pendekatan pembelajaran terbuka dengan objek virtual secara *real-time* efektif menstimulasi kemandirian berpikir kritis berdasarkan seluruh indikator tahapan Polya. Praktisi pendidikan direkomendasikan memanfaatkan instrumen interaktif ini sebagai alternatif strategi instruksional adaptif untuk menyukseskan agenda transformasi numerasi modern secara menyeluruh dan berkelanjutan.

Kata Kunci: *Open-Ended Learning, Augmented Reality, Kemampuan Pemecahan Masalah*

ABSTRACT

The low cognitive abilities and limited spatial visualization abilities of students in identifying and solving abstract non-routine word problems are the background of this research. These operational problems trigger the failure of elementary school children in designing systematic mathematical problem-solving strategies. The main focus of this scientific study is to detect the profound influence of the application of an open-ended learning pattern assisted by augmented reality technology in boosting the mathematical problem-solving abilities of elementary school students. This quantitative research path applies a quasi-experimental method with a nonequivalent control group design scheme. A total of 44 fifth-grade students in the elementary school environment were involved as observation subjects through a purposive sampling technique, then analyzed using the non-parametric Mann-Whitney U statistical test. Quantitative data from the final evaluation (*posttest*) empirically revealed a very clear disparity in performance, where the experimental group successfully achieved an average score of 73.33,



while the control class only obtained a score of 61.30. The measurement of the effect size (effect size) of the correlation coefficient produced a score of 0.36, which indicates the strength of the effect is in the medium category (medium effect). The main conclusion confirms that the collaboration of an open learning approach with real-time virtual objects effectively stimulates independent critical thinking based on all Polya stage indicators. Education practitioners are recommended to utilize this interactive instrument as an alternative adaptive instructional strategy to ensure the comprehensive and sustainable success of the modern numeracy transformation agenda.

Keywords: *Open-Ended Learning, Augmented Reality, Kemampuan Pemecahan Masalah*

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan kebutuhan mutlak bagi manusia sebagai upaya sistematis untuk menciptakan lingkungan belajar yang mendorong pengembangan potensi diri secara utuh, baik dari aspek spiritual, karakter, maupun kompetensi intelektual. Pada konteks pembelajaran yang kontekstual, pendidikan diidealkan mampu memperhatikan kodrat alam dan kodrat zaman agar manusia dapat beradaptasi dengan kemajuan teknologi tanpa kehilangan nilai-nilai moral dan etika yang mendasarinya. Pengintegrasian nilai-nilai moral, spiritual, dan kemampuan adaptasi diidealkan terwujud secara nyata di lingkungan sekolah melalui penguatan literasi dan numerasi (Darwanto et al., 2022; Kartono et al., 2024; Sugiarto & Farid, 2023). Oleh karena itu, matematika ditempatkan sebagai pilar krusial dalam struktur kurikulum untuk membangun fondasi intelektual sejak dini. Pada tingkat sekolah dasar, pembelajaran matematika berfungsi strategis untuk melatih cara berpikir logis, analitis, kritis, dan sistematis yang diselenggarakan secara bermakna serta relevan dengan kehidupan harian. Pengondisian lingkungan persekolahan yang kondusif diidealkan dapat memfasilitasi kebutuhan tumbuh kembang anak didik agar mereka mampu memahami konsep matematika secara mendalam. Keharmonisan tata kelola pengajaran dan kesiapan mental murid dipandang sebagai pilar utama untuk menciptakan ketahanan intelektual, mendongkrak ketangkasan akademik, serta memberikan jaminan keberhasilan pendidikan nasional (Adimsyah et al., 2023; Angelina et al., 2023; Patriana et al., 2021)

Namun demikian, terdapat kesenjangan yang cukup lebar antara tatanan ideal pembelajaran matematika tersebut dengan kenyataan objektif yang berlangsung di tataran praktis operasional sekolah saat ini. Kondisi ideal menghendaki agar penyampaian materi matematika mampu melatih kemampuan pemecahan masalah melalui eksplorasi konsep yang interaktif dan menyenangkan. Sayangnya, fakta empiris di lapangan menyingkapkan bahwa matematika masih sering dipersepsikan sebagai mata pelajaran yang sangat menakutkan dan sulit dipahami oleh peserta didik. Pola pembelajaran konvensional yang berfokus kaku pada hafalan prosedur dan rumus mekanis menyebabkan murid kurang memahami konsep secara mendalam, sehingga mereka mengalami hambatan besar saat dihadapkan pada soal-soal non-rutin berbentuk cerita. Kesenjangan metodologis ini diperparah oleh dominasi guru dalam memaparkan materi secara searah, sementara murid diposisikan pasif hanya sebagai penampung informasi semata. Pola interaksi satu arah ini mengurangi keterlibatan aktif peserta didik di kelas, mereduksi daya nalar analitis, serta memicu kelesuan prestasi akademik yang berdampak langsung pada rendahnya pencapaian nilai kelulusan murid pada mata pelajaran eksakta secara berkelanjutan (Hafzah et al., 2020; Kodi, 2021; Yuliyanti & Rahayu, 2021)

Kondisi kesenjangan metodologis serta kelesuan kemampuan pemecahan masalah tersebut terkonfirmasi secara nyata melalui pengamatan langsung pada aktivitas pembelajaran



matematika di tingkat sekolah dasar. Di dalam ruang kelas tersebut, tampak jelas bahwa subjek penelitian yang merupakan para murid kelas V di SD Negeri Nagrak pada tahun ajaran 2025/2026 senantiasa menghadapi tantangan kognitif yang cukup berat selama proses Kegiatan Belajar Mengajar. Berdasarkan data pengamatan awal, subjek penelitian pada tahun ajaran 2025/2026 menunjukkan capaian rata-rata kelas yang rendah yaitu 64,19 dalam menyelesaikan permasalahan matematika. Keterbatasan penggunaan media interaktif menyebabkan 11 dari 21 subjek penelitian gagal melewati batas Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran yang telah ditetapkan sebesar 65. Subjek penelitian pada tahun ajaran 2025/2026 mengalami kesulitan besar di dalam mengidentifikasi masalah pada soal cerita kontekstual serta lemah dalam merancang strategi penyelesaian yang tepat. Fenomena darurat pemecahan masalah yang melanda subjek penelitian di SD Negeri Nagrak pada tahun ajaran 2025/2026 ini menjadi penanda kuat bahwa penerapan inovasi instruksional yang adaptif sangat mendesak untuk dilaksanakan.

Dalam meretas hambatan kognitif dan mengurai krisis pemecahan masalah pada subjek penelitian tersebut, pembaruan strategi pengajaran melalui pendekatan *Open-Ended Learning* berbasis teknologi menjadi sebuah kebutuhan pedagogik yang mutlak. Pendekatan *Open-Ended Learning* menyajikan masalah terbuka yang memiliki lebih dari satu cara atau jawaban benar, sehingga memberikan ruang luas bagi murid untuk mengeksplorasi strategi penyelesaian secara mandiri sesuai tingkat pemahaman mereka. Supaya visualisasi konsep matematika yang abstrak menjadi lebih konkret dan interaktif, penerapan pendekatan ini diperkuat dengan pemanfaatan media *augmented reality* (Gusteti et al., 2023; Ikawati et al., 2025; Marshanawiah et al., 2025). Mayoritas studi terdahulu mengenai inovasi pembelajaran matematika umumnya masih mengkaji efektivitas pendekatan *Open-Ended Learning* maupun penggunaan media *augmented reality* secara terpisah dan parsial semata. Kajian spesifik yang secara terpadu mengolaborasikan pendekatan masalah terbuka dengan teknologi realitas bertambah untuk mengukur peningkatan kemampuan pemecahan masalah murid sekolah dasar masih sangat terbatas. Pengintegrasian strategi pembelajaran fleksibel dan media visual digital ini dipandang sangat vital untuk menghidupkan iklim kelas yang kreatif (Ariadi & Nahdia, 2025; Putra et al., 2024; sani et al., 2025).

Berpijak pada seluruh rangkaian latar belakang dan pemetaan masalah tersebut, penelitian ini hadir dengan membawa nilai kebaruan serta inovasi berupa sintesis metodologis antara *Open-Ended Learning* dan *augmented reality*. Nilai inovasi dari kajian ini memfokuskan sasarannya pada pembongkaran efektivitas perpaduan masalah terbuka dan teknologi visualisasi tiga dimensi dalam memfasilitasi daya nalar serta kemampuan pemecahan masalah matematik anak. Fokus subjek penelitian ini diarahkan secara spesifik untuk menganalisis dan membuktikan perbedaan kemampuan pemecahan masalah matematika yang signifikan antara murid yang diajar menggunakan pendekatan *Open-Ended Learning* berbantuan *augmented reality* dengan murid yang menggunakan pendekatan pembelajaran konvensional pada para murid kelas V di SD Negeri Nagrak pada tahun ajaran 2025/2026. Kebaruan riset ini bersumber dari penyajian kerangka instruksional hibrida yang menjembatani kebebasan eksplorasi kognitif dan pembuktian visual secara *real-time*, sebuah dimensi praktis yang luput dari perhatian periset terdahulu. Melalui pembuktian ilmiah terhadap subjek penelitian di SD Negeri Nagrak pada tahun ajaran 2025/2026 ini, luaran riset diharapkan dapat menyajikan kontribusi nyata bagi transformasi media pembelajaran matematika nasional.

METODE PENELITIAN

Riset kuantitatif ini menerapkan metode kuasi eksperimen berskema *nonequivalent control group design* untuk menguji pengaruh model pembelajaran terbuka terhadap kecakapan numerasi siswa. Prosedur pelaksanaan operasional riset diselenggarakan di SDN Nagrak dengan melibatkan total populasi sebanyak 44 murid kelas V sebagai subjek amatan. Peneliti menggunakan teknik *sampling purposive* untuk menentukan pembagian kelompok subjek tanpa pengerjaan penempatan sampel secara acak. Hasilnya, kelas V-b yang beranggotakan 21 murid ditetapkan sebagai kelompok eksperimen, sedangkan kelas V-a yang berisi 23 murid diposisikan menjadi kelompok kontrol. Kelas eksperimen mendapatkan intervensi instruksional berupa pendekatan *open-ended learning* berbantuan objek virtual dari media *augmented reality*, sementara kelas kontrol menempuh proses pembelajaran konvensional satu arah. Peneliti bertindak sebagai instrumen utama yang mengontrol keterlaksanaan sintaks pengajaran di lapangan guna menangkap data kemampuan visualisasi spasial serta ketangkasan berpikir kritis anak usia dasar dalam memecahkan persoalan bangun ruang secara nyata, mandiri, objektif, tanpa intervensi buatan yang kaku dari luar.

Teknik pengumpulan data dalam eksperimen kuantitatif ini memanfaatkan instrumen berupa tes evaluasi tertulis dalam bentuk soal uraian non-rutin yang abstrak. Peneliti menjaring skor kemampuan pemecahan masalah matematik anak melalui pelaksanaan *pretest* di awal pertemuan serta pemberian *posttest* pada akhir durasi tindakan. Lembar tes tersebut dirancang secara sistematis dengan mengadopsi 4 indikator tahapan Polya, yang meliputi aktivitas penelaahan konteks soal, penyusunan rencana jalan keluar, pengekseskusan kalkulasi hitungan, hingga pengujian kembali hasil akhir. Sebelum didistribusikan kepada 44 responden, seluruh draf instrumen telah dinyatakan memenuhi syarat kelayakan lewat pengujian validitas isi, validitas konstruk, serta keterbacaan bahasa oleh para pakar validator. Selanjutnya, data numerik yang dihimpun diolah menggunakan perangkat lunak *IBM SPSS Statistic 25*. Pengujian hipotesis dioperasikan melalui uji statistik non-parametrik *Mann-Whitney U* karena adanya pelanggaran sebaran normal pada salah satu kelompok data, dikombinasikan dengan kalkulasi koefisien *effect size* untuk mengukur kekuatan pengaruh intervensi secara presisi dan akurat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Untuk mengetahui capaian rata-rata hasil kemampuan pemecahan masalah matematika murid, dilakukan perbandingan antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol. Analisis tersebut memerlukan instrumen data berupa skor *pretest* dan *posttest*. Adapun data hasil uji kedua tes dapat dicermati secara rinci pada Tabel 1 di bawah.

Tabel 1 Rekapitulasi Nilai *Pretest* dan *Posttest*

Kelas	Tes	N	Rata-Rata	Min	Max	Standar Deviasi
Eksperimen	<i>Pretest</i>	21	37,14	10	60	14,88
	<i>Posttest</i>	21	73,33	30	100	20,81
Kontrol	<i>Pretest</i>	23	25,65	10	60	14,40
	<i>Posttest</i>	23	61,30	30	90	15,75

Berdasarkan Tabel 1, terdapat data hasil tes awal kelas eksperimen yang menunjukkan nilai terendah 10 dan nilai tertinggi 60, dengan rata-rata 37,14 dan simpangan baku 14,88. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan awal pemecahan masalah matematik murid berada pada

kategori rendah dan variasi nilai antar murid cukup tinggi. setelah diberikan perlakuan berupa pendekatan OEL dengan media visualisasi AR terjadi peningkatan yang signifikan pada tahap *posttest*. Nilai terendah meningkat menjadi 30 dan nilai tertinggi mencapai 100, dengan rata-rata naik menjadi 73,33. Simpangan baku juga mengalami perubahan yang mengindikasikan adanya homogenitas peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematik murid setelah adanya perlakuan khusus. Di satu sisi, menunjukkan hasil yang rendah dengan nilai rata-rata 25,65. Nilai terendah yaitu 10 dan tertinggi yaitu 60. Walaupun pada tahap *posttest* kelas kontrol tidak mendapatkan perlakuan selayaknya kelas eksperimen, tetapi pada kelas kontrol juga terdapat peningkatan dengan nilai terendah 30 dan nilai tertinggi 90, dengan rata-rata 61,30. Meskipun terjadi peningkatan, rata-rata pada kelas kontrol masih lebih rendah jika dibandingkan dengan kelas eksperimen.

1. Uji Normalitas

Uji Normalitas dari *pretest* dan *posttest* kelas eksperimen dan kontrol diuji menggunakan Uji *Shapiro-Wilk* dengan tingkat signifikan 0.05. Data dapat dianalisis menggunakan perangkat lunak *IBM SPSS Statistic 25* Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Uji Normalitas

<i>Shapiro-Wilk</i>					Keterangan
	<i>Test</i>	<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>	
<i>Pretest</i>	Eksperimen	0.939	21	0.207	Normal
	Kontrol	0.062	23	0.023	Tidak Normal
<i>Posttest</i>	Eksperimen	0.887	21	0.020	Tidak Normal
	Kontrol	0.959	23	0.491	Normal

Berdasarkan Tabel 2, nilai signifikansi *pretest* pada kelas eksperimen sebesar 0.207 dan kelas kontrol sebesar 0.023, yang artinya bahwa kelas eksperimen berdistribusi normal karena nilai sig. > 0.05. Sebaliknya, kelas kontrol < 0.05 yang artinya tidak berdistribusi normal. Selanjutnya, nilai signifikansi *posttest* pada kelas eksperimen sebesar 0.020 dan kelas kontrol sebesar 0.491, kelas eksperimen tidak berdistribusi normal karena nilai sig. < 0.05. Sebaliknya, kelas kontrol > 0.05 berdistribusi normal.

2. Uji Homogenitas

Uji homogenitas *pretest* dan *posttest* pada kedua kelas diuji dengan nilai sig. 0.05. Berikut adalah hasil dari uji homogenitas melalui *Software IBM SPSS 25*. Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Uji Homogenitas Data *Pretest*

Kelas	Levene Statistic	df1	df2	Sig.	Keterangan
<i>Pretest</i>	0.008	1	42	0.928	Homogen
<i>Posttest</i>	1.512	1	42	0.226	Homogen

Berdasarkan Tabel 3, diperoleh nilai *Levene Statistic* sebesar 0.008 dengan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0.928. Karena nilai Sig. 0.928 > 0.05, maka dapat disimpulkan bahwa varians data *pretest* kemampuan pemecahan masalah matematik antara kelas eksperimen dan kelas kontrol adalah sama atau homogen. Selanjutnya, nilai *Levene Statistic* pada *posttest* memperoleh nilai sebesar 1.512 dengan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0.226. Karena nilai Sig. 0.226 > 0.05, maka dapat disimpulkan bahwa varians data *posttest* pada kedua kelas juga bersifat homogen atau sama.

3. Uji Hipotesis

Berdasarkan hasil uji prasyarat, walaupun kedua tes bersifat homogen tapi terdapat salah satu kelas sampel tidak berdistribusi normal, maka uji hipotesis menggunakan statistik non-parametrik yaitu uji *Mann-Whitney U*. Berikut hasil uji hipotesis untuk nilai *pretest* dan

posttest kedua kelas yang menggunakan uji *Mann-Whitney U*, sebagaimana tercantum dalam Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Uji Hipotesis

	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
Mann-Whitney U	126.000	141.500
Wilcoxon W	412.000	417.500
Z	-2.522	-2.378
Asymp. Sig. (2-tailed)	0.012	0.017

Berdasarkan data pada Tabel 4, hasil perhitungan statistik non-parametrik *Mann-Whitney U pretest* memunculkan nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* sebesar 0.012 dan pada tes akhir mencapai 0.017. Karena nilai probabilitas tersebut berada di bawah standar signifikansi 0.05, maka hipotesis nol (H_0) ditolak secara otomatis dan H_1 disetujui. Maka dapat ditegaskan bahwa terdapat perbedaan akhir yang signifikan pada kemampuan menyelesaikan soal matematika antara murid yang belajar melalui pendekatan pembelajaran terbuka berbantuan visualisasi AR dengan murid yang menempuh pendekatan pembelajaran konvensional.

4. *Effect Size*

Untuk mengetahui pengaruh pendekatan OEL berbantuan media AR terhadap kemampuan pemecahan masalah matematik murid kelas V sekolah dasar, maka menggunakan uji *effect size*. Berikut Tabel 5 hasil uji *effect size*.

Tabel 5 Data Hasil Uji *Effect Size*

Tes	Effect Size	Nilai	Kategori
<i>Pretest</i>	Cohen's d	0.38	Sedang
<i>Posttest</i>	Cohen's d	0.36	Sedang

Berdasarkan Tabel 5, penghitungan *effect size* untuk data *pretest* menunjukkan nilai $r = 0.38$, sedangkan untuk data *posttest* menunjukkan nilai $r = 0.36$. Skor tersebut memberikan bukti objektif bahwa penerapan pendekatan OEL berbantuan media AR memberikan pengaruh yang signifikan dalam kategori sedang (*medium effect*) terhadap kemampuan pemecahan masalah matematik murid.

Pembahasan

Hasil analisis kuantitatif mengindikasikan adanya lonjakan kompetensi pemecahan masalah matematis yang jauh lebih unggul pada kelompok intervensi dibanding kelompok pembanding. Pengintegrasian strategi pembelajaran berbasis *open-ended learning* yang disinergikan dengan media *augmented reality* terbukti memberikan efek positif signifikan terhadap kapasitas kognitif siswa tingkat dasar (Khasanah et al., 2025; Syahdia et al., 2026; Utomo et al., 2025). Metode ini secara efektif memfasilitasi peserta didik untuk mengurai permasalahan matematis kontekstual yang erat dengan realitas keseharian. Sepanjang sesi pembelajaran berlangsung, murid tidak sekadar menerima informasi pasif dari pengajar, melainkan didorong secara mandiri guna mengeksplorasi beragam opsi penyelesaian alternatif. Di samping itu, perpaduan visualisasi tiga dimensi interaktif sangat membantu dalam mengkonkretkan materi bangun ruang yang mulanya bersifat abstrak (Amin et al., 2025; Auria et al., 2025; Nasution et al., 2023). Implikasinya, dinamika kelas menjadi jauh lebih partisipatif karena peserta didik terlibat langsung dalam proses konstruksi pengetahuan, alih-alih hanya duduk menyimak pemaparan materi secara monoton.

Pengaplikasian teknologi visual interaktif ini secara konsisten mampu mendongkrak efektivitas pembelajaran matematika yang dibuktikan oleh perolehan skor akhir yang kontras antara kedua kelompok ujian. Sinergi antara model pembelajaran terbuka dan perangkat



augmented reality memungkinkan terciptanya *personalized learning*, di mana setiap peserta didik dapat mencerna konsep sesuai dengan kecepatan belajar serta kapasitas kognitif mereka masing-masing. Pendekatan kontekstual ini menyajikan *learning experience* yang sama sekali baru dan jauh lebih mengesankan dibanding metode konvensional. Murid tidak lagi merasa tertekan oleh kerumitan formula numerik, melainkan terdorong untuk mengeksplorasi logika ruang secara intuitif. Keterlibatan emosional dan kognitif yang terbangun selama proses eksplorasi materi tersebut menjadi kunci utama yang memicu peningkatan pemahaman konseptual. Pada akhirnya, inovasi pedagogis ini berhasil mengubah persepsi siswa terhadap pelajaran matematika dari ranah yang menakutkan menjadi medan eksplorasi yang menantang sekaligus menyenangkan (Mardiati et al., 2025; Rohati et al., 2025; Sinaga & Sofiyah, 2024)

Berdasarkan kalkulasi besaran pengaruh, korelasi antarvariabel menunjukkan tingkat signifikansi yang berada pada kategori *medium effect*. Capaian tersebut menegaskan bahwa integrasi *open-ended learning* berteknologi visualisasi digital mampu menghadirkan atmosfer akademis yang jauh lebih responsif serta komunikatif ketimbang instruksi tradisional. Temuan empiris ini memberikan implikasi praktis bagi praktisi pendidikan untuk menjadikannya sebagai *alternative approach* dalam merancang modul pengajaran matematika yang kontekstual (Amalia et al., 2024; Dana & Sudiarta, 2026; Yanti et al., 2025). Implementasi media ini mempermudah peserta didik dalam memvisualisasikan objek matematis abstrak menjadi representasi yang terjangkau oleh pancaindra. Dampak positifnya tidak hanya terbatas pada pencapaian akademik semata, tetapi juga bermuara pada peningkatan *student engagement* secara menyeluruh di dalam kelas. Pengajar dapat memanfaatkan kombinasi strategi ini guna memicu daya kritis siswa, sehingga proses transfer ilmu pengetahuan dapat berlangsung secara lebih optimal, bermakna, dan berkelanjutan dalam jangka panjang.

Meskipun pembuktian statistik menunjukkan keberhasilan yang meyakinkan, eksplorasi empiris ini tetap memiliki beberapa batasan metodologis yang perlu dicermati secara kritis. Keterbatasan utama terletak pada partisipan penelitian yang hanya mencakup empat puluh empat murid dari satu institusi pendidikan tertentu. Mengingat cakupan *sample size* yang terbatas serta fokus lokasi yang sempit, generalisasi temuan terhadap seluruh populasi siswa sekolah dasar belum dapat dilakukan secara mutlak. Variasi ketersediaan infrastruktur teknologi, latar belakang sosio-ekonomi, serta kesiapan fasilitas di sekolah lain berpotensi memunculkan dinamika hasil yang berbeda. Oleh sebab itu, peneliti selanjutnya disarankan untuk memperluas jangkauan subjek penelitian dengan melibatkan lintas sekolah dan latar belakang geografi yang lebih beragam. Langkah perluasan ini sangat krusial guna menguji keandalan serta *validity* dari model pembelajaran berbasis *augmented reality* ini secara lebih komprehensif pada cakupan populasi yang lebih luas (AlAli & Al-Barakat, 2024; Capul et al., 2024; Fitriani et al., 2024).

Guna mengatasi keterbatasan tersebut, penelitian lanjutan perlu mengadopsi rancangan *experimental design* yang melingkupi cakupan sampel yang lebih representatif dari berbagai wilayah akademik. Evaluasi mendalam mengenai *learning retention* jangka panjang juga sangat diperlukan untuk melihat sejauh mana pemahaman konsep matematika ini bertahan setelah perlakuan selesai diberikan. Di samping itu, kesiapan guru dalam mengoperasikan *hardware* maupun *software* pendukung perlu diukur secara cermat agar hambatan teknis dapat diminimalisasi saat proses implementasi. Pelatihan integrasi teknologi bagi para pendidik menjadi faktor krusial yang menentukan keberhasilan adopsi inovasi digital ini di sekolah. Dengan mengatasi kendala keterbatasan sampel serta kesiapan teknis, penerapan strategi pembelajaran terbuka berbantuan media visualisasi interaktif ini berpotensi besar untuk



diterapkan secara masif. Langkah sistematis tersebut diharapkan mampu meratakan kualitas pendidikan matematika serta mengakselerasi keterampilan pemecahan masalah generasi muda secara berkelanjutan di masa depan.

KESIMPULAN

Penelitian kuasi eksperimen ini menyimpulkan bahwa penerapan model *open-ended learning* berbantuan teknologi *augmented reality* berpengaruh signifikan dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematik siswa sekolah dasar. Kolaborasi antara pendekatan masalah terbuka dan visualisasi objek tiga dimensi secara aktual terbukti ampuh membantu murid memahami materi spasial yang abstrak, serta merangsang kemandirian berpikir kritis berdasarkan indikator tahapan Polya. Disparitas performa akhir yang signifikan antara kelas perlakuan dan kelas pembandingan menegaskan bahwa integrasi teknologi digital ini efektif mentransformasikan iklim kelas dari pola hafalan rumus satu arah menjadi ruang eksplorasi kognitif yang dinamis dan interaktif. Pembelajaran matematika kontekstual ini terbukti mampu mendongkrak ketangkasan numerasi, meningkatkan partisipasi aktif, serta memberikan pengalaman belajar yang lebih mengesan bagi anak usia dasar secara optimal dan berkelanjutan.

Peneliti selanjutnya disarankan untuk menerapkan desain eksperimen murni dengan pendekatan *mixed methods* guna menguji efektivitas strategi *open-ended learning* berbantuan *augmented reality* ini secara lebih komprehensif. Eksplorasi riset ke depan perlu memperluas jangkauan wilayah pengambilan sampel dan menambah jumlah partisipan dari berbagai latar belakang sekolah guna meningkatkan derajat generalisasi data. Peneliti mendatang dianjurkan untuk memberikan simulasi pengoperasian perangkat digital terlebih dahulu kepada siswa demi meminimalkan bias adaptasi teknologi di lapangan. Di samping itu, pengukuran *learning retention* jangka panjang sangat diperlukan untuk mengamati stabilitas ketahanan pemahaman konsep matematika siswa setelah perlakuan selesai. Evaluasi mengenai tingkat kesiapan pedagogis guru serta ketersediaan sarana prasarana sekolah juga disarankan untuk dikaji secara cermat agar kendala teknis dapat diantisipasi secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adimsyah, F. A., Fauzi, A., & Rofiq, M. H. (2023). Pengaruh penggunaan media pembelajaran dakon terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik. *Chalim Journal of Teaching and Learning*, 3(1), 28–34. <https://doi.org/10.31538/cjotl.v3i1.417>
- AlAli, R. M., & Al-Barakat, A. A. (2024). Effectiveness of augmented reality technology in enhancing primary school students' acquisition of creative reading skills. *Journal of Curriculum and Teaching*, 13(5), 344–353. <https://doi.org/10.5430/jct.v13n5p344>
- Amalia, L., Makmuri, M., & Hakim, L. (2024). Learning design: To improve mathematical problem-solving skills using a contextual approach. *JlIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 7(3), 2353–2366. <https://doi.org/10.54371/jiip.v7i3.3455>
- Amin, M. Z. A., Ansor, B., Solichan, A., Ramdani, A. P., Sari, N. C., Winarno, E., Febyliana, E., Rahmawati, D., & Fahri, F. (2025). Augmented reality (AR) sebagai inovasi media pembelajaran bangun ruang di Sekolah Dasar Negeri Gajahmungkur 03. *Jurnal Abdi Insani*, 12(8), 3992–4000. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v12i8.2822>



- Angelina, A., Ardiansyah, A., & Purnomo, S. R. (2023). Analisis motivasi, sikap, dan konsep diri siswa terhadap pembelajaran matematika kelas VA SD Negeri 40 Pontianak Utara. *FONDATA*, 7(2), 470–487. <https://doi.org/10.36088/fondatia.v7i2.3469>
- Ariadi, A., & Nahdia. (2025). Problem based learning dan media augmented reality untuk meningkatkan aktivitas dan hasil belajar siswa SD. *Adi Widya: Jurnal Pendidikan Dasar*, 9(2), 115–125. <https://doi.org/10.25078/aw.v9i2.4067>
- Auria, A., P, D. A. R., Simbolon, N. W., Wulan, E. N., & S, P. S. (2025). Pengembangan penggunaan media 3D SketchUp dalam mendukung pembelajaran matematika yang efektif. *Jurnal Basicedu*, 9(4), 956–965. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v9i4.10014>
- Capul, C. B., Sitchon, M. T., Mañebog, J. O., Angellano, D. R. C., Guanzon, M. E., Nate, R. G., Geneblaza, G. V., & Patacsil, F. F. (2024). Development of augmented reality instructional material for the least learned topics for Grade 12 students in media and information literacy subject. *Indian Journal of Science and Technology*, 17(2), 120–133. <https://doi.org/10.17485/ijst/v17i2.932>
- Dana, I. G. K. K., & Sudiarta, I. G. P. (2026). Systematic literature review: Efektivitas pembelajaran berpendekatan konstruktivisme dalam meningkatkan komunikasi matematis siswa. *OMEGA: Jurnal Keilmuan Pendidikan Matematika*, 5(1), 167–174. <https://doi.org/10.47662/jkpm.v5i1.1200>
- Darwanto, D. H., Khasanah, M., & Putri, A. M. (2022). Penguatan literasi, numerasi, dan adaptasi teknologi pada pembelajaran di sekolah. *Eksponen*, 11(2), 25–35. <https://doi.org/10.47637/eksponen.v11i2.381>
- Fitriani, A., Rassyi, S. F., & Suyanto, S. (2024). Pengembangan media pembelajaran 3D AR budaya Sasambo: Pemahaman budaya sejak dini. *Jurnal Obsesi: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 8(1), 189–200. <https://doi.org/10.31004/obsesi.v8i1.5392>
- Gusteti, M. U., Rahmalina, W., Azmi, K., Mulyati, A., Wulandari, S., Hayati, R., Syarifan, S., & Nurazizah, N. (2023). Penggunaan augmented reality dalam pembelajaran matematika: Sebuah analisis berdasarkan studi literatur. *EDUKATIF: JURNAL ILMU PENDIDIKAN*, 5(6), 2735–2747. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v5i6.5963>
- Hafzah, N., Amalia, K. P., Lestari, E., Annisa, N., Adiatmi, U., & Saifuddin, M. F. (2020). Meta-analisis efektivitas penggunaan media pembelajaran digital dalam peningkatan hasil dan minat belajar biologi peserta didik di era revolusi industri 4.0. *BIODIK*, 6(4), 541–549. <https://doi.org/10.22437/bio.v6i4.8958>
- Ikawati, I., Sumartiningsih, S., & X, P. (2025). Augmented reality dalam pembelajaran matematika untuk mengembangkan motivasi dan keterampilan berpikir kritis siswa. *Jurnal Basicedu*, 9(6), 1921–1925. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v9i6.10909>
- Kartono, K., Ghasya, D. A. V., & Johan, G. M. (2024). Pelaksanaan program literasi dan numerasi dalam kerangka kurikulum merdeka di sekolah dasar. *FONDATA*, 8(2), 433–442. <https://doi.org/10.36088/fondatia.v8i2.4798>
- Khasanah, M., Kharisma, A. I., & Huda, M. M. (2025). Augmented reality media: Development and validation to improve critical thinking skills of elementary school student. *JURNAL TEMATIK*, 14(1), 54–62. <https://doi.org/10.24114/jt.v14i1.68193>



- Kodi, O. N. (2021). The probing-prompting method to overcome the monotonous learning process in class. *SocioEdu: Sociological Education*, 2(2), 26–31. <https://doi.org/10.59098/socioedu.v2i2.491>
- Mardiati, Sitepu, E., Tartiyoso, S., Zulhayana, S., Saputri, L., Afni, K., Sitepu, D. R., Fitria, F., & Rahmadita, A. (2025). Bimbingan belajar berbasis fun learning untuk meningkatkan minat dan kemampuan matematika siswa sekolah dasar di Kecamatan Secanggang. *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan*, 4(1), 3739–3745. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i1.2185>
- Marshanawiah, A., Abdullah, G., Saleh, M., Arif, R. M., & Liliernawati, L. (2025). Pengembangan 3D-Geo AR Cards untuk meningkatkan pemahaman konsep matematis siswa sekolah dasar. *Cokroaminoto Journal of Primary Education*, 8(3), 1346–1358. <https://doi.org/10.30605/cjpe.8.3.2025.6860>
- Nasution, N. A., Satria, A., Ramadhani, F., & Surbakti, N. M. (2023). Pengembangan aplikasi pembelajaran bangun ruang berbasis augmented reality dan Java desktop untuk meningkatkan pemahaman konsep bangunan. *Jurnal Fibonacci: Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(1), 23–32. <https://doi.org/10.24114/jfi.v4i1.46127>
- Patriana, W. D., Utama, S., & Wulandari, M. D. (2021). Pembudayaan literasi numerasi untuk asesmen kompetensi minimum dalam kegiatan kurikuler pada sekolah dasar Muhammadiyah. *Jurnal Basicedu*, 5(5), 3413–3430. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i5.1302>
- Putra, L. D., Shiddiq, A. J., Khafi, I., & Nugroho, B. M. (2024). Integrasi teknologi immersive learning dalam pembelajaran sekolah dasar. *Jurnal Riset Madrasah Ibtidaiyah (JURMIA)*, 4(2), 218–230. <https://doi.org/10.32665/jurmia.v4i2.3349>
- Sani, K. S., Ita, I. F., Ningsih, N. F., & Ghazali, M. G. (2025). Aplikasi augmented reality berbasis gamifikasi untuk meningkatkan pemahaman matematika siswa sekolah dasar. *Bitnet: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 10(3), 81–92. <https://doi.org/10.33084/bitnet.v10i3.11238>
- Sinaga, S. S., & Sofiyah, K. (2024). Kesenangan di sekolah dasar dapat ditingkatkan melalui permainan yang membuat belajar matematika menjadi pengalaman yang menyenangkan. *LANCAH: Jurnal Inovasi dan Tren*, 2(2), 105–115. <https://doi.org/10.35870/ljit.v2i2.2794>
- Sugiarto, S., & Farid, A. (2023). Literasi digital sebagai jalan penguatan pendidikan karakter di era society 5.0. *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(3), 580–597. <https://doi.org/10.37329/cetta.v6i3.2603>
- Syahdia, S. S., Sulisyaningsih, D., & Suprayitno, I. J. (2026). Systematic literature review: E-modul augmented reality pendekatan open-ended untuk meningkatkan berpikir kreatif siswa SMP. *Jurnal PEKA (Pendidikan Matematika)*, 9(2), 411–428. <https://doi.org/10.37150/z3b4cs16>
- Utomo, E., Sutopo, Y., Setiawan, D., & Amaidi, I. E. (2025). Media augmented reality “Osi Ceria” untuk menumbuhkan kemampuan kognitif peserta didik sekolah dasar. *Elementary School: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Ke-SD-An*, 13(1), 45–55. <https://doi.org/10.31316/esjurnal.v13i1.4593>
- Yanti, E., Arifin, S., & Nurdayani, A. (2025). Efektivitas pendekatan contextual teaching and learning dalam mengembangkan kemampuan pemecahan masalah matematis. *Indiktika: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika*, 7(2), 336–349. <https://doi.org/10.31004/indiktika.v7i2.17095>



SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
Vol.6, No. 3, Juni-Agustus 2026
e-ISSN : 2797-1031 | p-ISSN : 2797-0744
Online Journal System : <https://jurnalp4i.com/index.php/science>



Yuliyanti, A., & Rahayu, T. S. (2021). Efektifitas model pembelajaran problem solving dan group investigation terhadap kemampuan berpikir kritis siswa SD dalam pembelajaran matematika: Meta–analisis. *Thinking Skills and Creativity Journal*, 4(1), 40–47. <https://doi.org/10.23887/tscj.v4i1.33518>