



Pengembangan Media *Flashcard* Berbasis *Augmented Reality* (FlashAR) untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah dan Berpikir Kritis Siswa Kelas IV SD

Puspa Ayu Anastasya¹, Nursiwi Nugraheni^{2*}

^{1,2} Pendidikan Guru Sekolah Dasar, FIPP, Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia.

DOI: <https://doi.org/10.29303/jcar.v8i3.15736>

Received: 15 Juni 2026

Revised: 15 Agustus 2026

Accepted: 21 Agustus 2026

Abstract: Optimal outcomes in mathematics education at SDN Pendrikan Lor 02 remain elusive due to scarce interactive resources, contributing to fourth graders' weak problem-solving and critical-thinking abilities, especially in volume measurement. This study aimed to develop FlashAR (Flashcard Augmented Reality), assess its feasibility, and evaluate its effectiveness using the ADDIE R&D model. The research involved 50 fourth-grade students (25 experimental, 25 control). Expert validation rated FlashAR as very feasible: media 92%, material 93.4%, and language 92.3%. Implementation significantly improved scores; problem-solving rose from 68.80 to 94.00, and critical thinking from 65.92 to 92.48. T-tests confirmed significance ($p=0.000 < 0.05$). N-Gain analysis showed high effectiveness (problem-solving 0.82; critical thinking 0.81). Teacher and student responses were very positive (82.9% and 81%). FlashAR offers practical benefits by providing visual, interactive experiences that bridge abstract math concepts with concrete understanding, fostering higher-order thinking. Implementation constraints, such as device availability and student adaptation, were mitigated via group rotations and guided tutorials. Future research should expand FlashAR's application to other topics and grade levels to confirm its broader utility. Overall, FlashAR proves to be a feasible and effective tool for enhancing problem-solving and critical thinking in elementary mathematics.

Keywords: FlashAR, Flashcard Augmented Reality, Problem-Solving Skills, Critical Thinking Skills, Mathematics Learning.

Abstrak: Hasil optimal dalam pendidikan matematika di SDN Pendrikan Lor 02 masih sulit dicapai karena kurangnya sumber belajar interaktif, yang berkontribusi pada lemahnya kemampuan pemecahan masalah dan berpikir kritis siswa kelas IV, terutama pada materi pengukuran volume. Penelitian ini bertujuan mengembangkan FlashAR (*Flashcard Augmented Reality*), menguji kelayakannya, dan mengevaluasi efektivitasnya menggunakan model R&D ADDIE. Penelitian melibatkan 50 siswa kelas IV (25 eksperimen, 25 kontrol). Validasi ahli menilai FlashAR sangat layak: media 92%, materi 93,4%, dan bahasa 92,3%. Implementasi meningkatkan nilai secara signifikan; pemecahan masalah naik dari 68,80 menjadi 94,00, dan berpikir kritis dari 65,92 menjadi 92,48. Uji-t mengonfirmasi signifikansi ($p=0,000 < 0,05$). Analisis N-Gain menunjukkan efektivitas tinggi (pemecahan masalah 0,82; berpikir kritis 0,81). Respon guru dan siswa sangat positif (82,9% dan 81%). FlashAR memberikan manfaat praktis dengan menghadirkan pengalaman visual dan interaktif yang menjembatani konsep matematika abstrak dengan pemahaman konkret, serta menumbuhkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Kendala implementasi, seperti ketersediaan perangkat dan adaptasi siswa, diatasi melalui rotasi kelompok dan panduan terstruktur. Penelitian selanjutnya disarankan memperluas aplikasi FlashAR ke topik dan jenjang kelas lain untuk mengonfirmasi kegunaannya secara lebih luas. Secara keseluruhan, FlashAR terbukti menjadi alat

yang layak dan efektif untuk meningkatkan pemecahan masalah dan berpikir kritis dalam matematika SD.

Kata Kunci: FlashAR, *Flashcard Augmented Reality*, Kemampuan Pemecahan Masalah, Kemampuan Berpikir Kritis, Pembelajaran Matematika.

Pendahuluan

Pendidikan sangat penting jika kita ingin memiliki pasokan pekerja berkualitas yang kualitas pribadi dan kepakarannya dapat mengikuti laju perubahan ilmiah dan teknologi yang pesat di abad ke 21 (Widianingrum & Aeni, 2025). Banyak perubahan dan masalah yang dihadapi masyarakat dapat diatasi dengan lebih baik oleh siswa yang telah menerima pendidikan yang baik (Herawadini et al., 2026). Di antara banyak disiplin ilmu yang membantu mengembangkan keterampilan tersebut, matematika menonjol (Santiwidia et al., 2025). Matematika jauh lebih dari sekadar angka; matematika membantu Anda jadi terorganisir, rasional, imajinatif, analitis, dan kritis. Akibatnya, kurikulum matematika SD harus disusun dengan cermat untuk mengajarkan siswa berbagai keterampilan berpikir praktis yang dapat ditransfer (Febianti et al., 2025).

Tingkatkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, serta berpikir logis siswa melalui proses pengajaran. Itulah yang dikatakan kurikulum independen (Nurwasilah et al., 2024). Saat mempelajari matematika, siswa harus diberi kesempatan untuk memaksimalkan kemampuan HOTS (Saraswati & Agustika, 2020). Murid perlu kemampuan ini untuk memahami masalah, menilai fakta, dan membuat penilaian yang masuk akal (Winarso et al., 2023). Salah satu bakat yang dikembangkan murid matematika adalah keterampilan menuntaskan masalah. Menurut Polya (1973), penuntasan permasalahan melibatkan beberapa fase: mengidentifikasi masalah, mengembangkan strategi untuk menuntaskannya, melaksanakan strategi, dan menilai hasilnya. Murid perlu keterampilan ini karena memungkinkan mereka untuk mendekati berbagai masalah matematika secara metodis dan terorganisir (Susanto, 2024). Siswa belajar menerapkan konsep matematika pada skenario dunia nyata melalui latihan penuntasan permasalahan. Keterampilan penuntasan permasalahan yang kuat dikaitkan dengan pemahaman konseptual yang lebih baik, keterampilan untuk menarik kesimpulan yang tepat, dan pengembangan solusi yang efektif.

Pembelajaran matematika mendukung murid berpikiran kritis dan menuntaskan masalah. Ennis (2011) mengatakan bahwa berpikiran kritis adalah cara berpikiran dengan teliti dan logis yang dipergunakan untuk menentukan tindakan atau keyakinan. Melalui keterampilan ini, murid bisa menganalisis informasi

secara lebih merinci, menghubungkan ide-ide yang relevan, mempertimbangkan berbagai pilihan solusi, dan membuat argumen yang didasarkan pada bukti dan alasan yang masuk akal. Keterampilan berpikiran kritis sangat penting untuk mendukung murid menilai dan mempertimbangkan informasi secara kritis daripada hanya menerimanya secara pasif.

Hasil pengamatan awal yang diselenggarakan di SDN Pendrikan Lor 02 pada tanggal 28 April 2025 menunjukkan beberapa masalah dalam pembelajaran matematika, terutama pada materi luas dan volume. Berdasarkan data awal, rata-rata nilai siswa pada materi luas dan volume hanya mencapai 62,5, dengan 68% siswa (34 dari 50 siswa) mengalami kesulitan dalam menyelesaikan soal-soal yang membutuhkan keterampilan pemecahan masalah dan berpikir kritis. Penjelasan guru dan pemakaian buku teks sebagai sumber utama masih mendominasi proses pengajaran. Kondisi ini mengakibatkan murid tidak terlibat secara aktif dalam membangun pemahaman mereka sendiri. Di samping itu, pemakaian media pengajaran yang menarik dan interaktif belum optimal (Yustiqvar et al., 2019; Yustiqvar et al., 2026). Akibatnya, sulit untuk menyampaikan konsep matematika yang abstrak secara visual maupun konkret (Batubara, 2021). Akibatnya, banyak siswa menghadapi kesulitan dalam memecahkan soal yang memerlukan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah, serta kesulitan memahami konsep yang lebih luas (Bulut & Ferri, 2023).

Materi luas dan volume merupakan materi penting dalam pembelajaran matematika SD karena berkaitan dengan keterampilan mengukur dan memperkirakan luas serta volume suatu bangun dengan menggunakan satuan standar maupun tidak standar (Fadillah & Nurafni, 2022). Materi ini dianggap cukup kompleks karena siswa harus memahami hubungan antarbentuk geometri, proses pengukuran, dan penggunaan satuan yang sesuai (Diani & Wulandari, 2025). Praktik menunjukkan banyak siswa sekadar menghafal rumus tanpa memahami konsep dasar. Kondisi ini mengakibatkan siswa sering melakukan kekeliruan dalam menentukan strategi penyelesaian masalah serta sulit menjelaskan alasan di balik jawaban mereka (Ulfa & Fadilah, 2025).

Mengingat tantangan-tantangan ini, jelas bahwa murid SD perlu alat bantu media untuk membantu mereka belajar matematika dengan cara yang praktis serta sesuai usia. Murid di SD dikatakan ada di tahap operasional konkret perkembangan kognitif, seperti

yang dijelaskan oleh teori perkembangan kognitif Piaget (1977). Tahap berikut ditandai dengan peningkatan ketergantungan pada contoh konkret, gambar, dan pengalaman untuk memahami ide-ide abstrak. Supaya murid bisa memahami pelajarannya dengan lebih baik, penting untuk mempergunakan materi pengajaran yang dapat menghubungkan ide-ide abstrak dengan contoh contoh yang lebih nyata.

Media pembelajaran baru hanyalah salah satu dari banyak kemajuan pendidikan yang dihasilkan oleh proliferasi teknologi digital (Ramdani et al., 2023). Karena memungkinkan tampilan dan integrasi langsung objek virtual dua dan tiga dimensi dengan dunia nyata, AR ialah suatu teknologi yang menampilkan kesempatan luar biasa untuk mendukung proses pengajaran. Murid bisa melihat item virtual seolah-olah berada di dunia nyata, yang memaksimalkan keterlibatan, partisipasi, dan relevansi mereka terhadap proses pengajaran.

Studi ini mempergunakan teknologi AR melalui *Flashcard AR* (FlashAR). Dengan mempergunakan perangkat lunak *Assembler Edu* bersamaan dengan teknologi AR, FlashAR adalah alat pengajaran yang mempergunakan kartu flash sebagai penanda. Dengan memindai kartu mempergunakan ponsel pintar, akan muncul objek tiga dimensi yang terkait dengan volume dan luas. Visualisasi struktur padat dan datar disertakan dalam materi ini bersama dengan penjelasan, contoh soal, dan kuis singkat untuk mendukung murid memahami ide-ide tersebut.

Penelitian tentang AR untuk tujuan pendidikan sangat banyak dan konsisten hasilnya. Akbar et al. (2025) mengungkapkan keterampilan berpikir kritis murid SD dapat ditingkatkan dengan penggunaan media berbasis AR pada pendidikan matematika. Penelitian yang diselenggarakan oleh Logayah et al. (2023) mendukung temuan ini. Mereka mengungkapkan media pembelajaran AR dapat meningkatkan antusiasme murid untuk belajar dan membantu mereka lebih memahami mata pelajaran. Di samping itu, Noviyana et al. (2024) menunjukkan siswa lebih aktif terlibat dalam pembelajaran mereka ketika mereka menggunakan kartu flash bersama dengan teknologi AR.

Penggunaan FlashAR untuk pendidikan telah menjadi subjek beberapa investigasi. Namun, masih terdapat kekurangan studi yang menargetkan kemampuan pemecahan masalah dan berpikir kritis anak-anak sekolah dasar dengan penekanan pada pembuatan media FlashAR untuk materi luas dan volume. Peningkatan pemahaman konseptual atau peningkatan hasil belajar telah menjadi fokus utama studi sebelumnya (Fadillah & Nurafni, 2022; Diani & Wulandari, 2025). Karena alasan itu, para peneliti dalam

studi ini menciptakan media FlashAR, yang merupakan hibrida dari pengalaman belajar digital dan fisik. Di samping itu, pemecahan masalah dan berpikir kritis adalah dua kemampuan terpenting yang diukur dalam penelitian ini karena relevansinya dengan siswa saat ini (Akbar et al., 2025).

Menciptakan media *Flashcard Augmented Reality* (FlashAR) yang kaya konten untuk materi luas dan volume bagi siswa kelas empat sekolah dasar adalah kekuatan pendorong di balik penelitian ini. Siswa kelas empat di SD Pendrikan Lor 02 adalah subjek penelitian ini, yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk serta menguji kelayakan dan efektivitas media dalam meningkatkan kapasitas siswa untuk berpikir kritis dan memecahkan masalah.

Metode

Branch memperkenalkan paradigma ADDIE pada tahun 2009, yang kemudian diikuti oleh penelitian ini. Paradigma ini merupakan metodologi penelitian dan pengembangan (R&D). Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi adalah lima fase utama yang membentuk paradigma ADDIE (Sugiyono, 2023). Materi pengajaran yang memenuhi persyaratan validitas, kepraktisan, dan efisiensi dalam proses pengajaran dihasilkan menggunakan model ini, yang dipilih melalui prosedur yang terorganisir dan sistematis (Branch, 2009). Penelitian diselenggarakan di SDN Pendrikan Lor 02 Semarang pada semester genap tahun ajaran 2025/2026. Subjek yang terlibat dalam studi ini mencakup 50 murid dari kelas IV, yang terbagi menjadi dua kelompok, yaitu kelas IVA sebagai kategori eksperimen dengan 25 murid dan kelas IVB sebagai kategori kontrol yang juga terdiri dari 25 siswa.

Pada fase analisis, peneliti melakukan observasi di kelas IV SDN Pendrikan Lor 02 untuk mengidentifikasi masalah pembelajaran, mewawancarai guru untuk mengetahui kebutuhan media pembelajaran, dan menyebarkan angket analisis kebutuhan kepada 50 siswa untuk mengetahui karakteristik dan gaya belajar mereka. Sejumlah tugas diselenggarakan selama fase analisis, seperti wawancara, observasi, dan penyebaran kuesioner kepada guru dan siswa. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengidentifikasi area potensial yang perlu ditingkatkan dalam pengajaran matematika, dengan fokus pada isu-isu umum seputar pengajaran luas dan volume. Pada tahap desain, kegiatan yang dilakukan meliputi perumusan tujuan pembelajaran (Capaian Pembelajaran dan Tujuan Pembelajaran), perancangan media FlashAR (pembuatan storyboard, desain flashcard, dan desain objek AR), penyusunan konten pengajaran, serta penyusunan instrumen penelitian

yang akan digunakan selama pelaksanaan penelitian (lembar validasi, angket respon, dan tes kemampuan pemecahan masalah dan berpikir kritis). Di tahap pengembangan, media FlashAR diciptakan dengan bantuan aplikasi *Assembler Edu*. Setelah produk selesai dibuat, diselenggarakan proses validasi oleh para pakar media, materi, serta bahasa untuk menilai mutu produk serta memastikan kesesuaiannya sebelum digunakan dalam proses pengajaran.

Tahap implementasi dilaksanakan dalam 4 pertemuan (masing-masing 2 x 35 menit) dengan alur pembelajaran sebagai berikut: (1) pendahuluan (apersepsi dan motivasi), (2) kegiatan inti yang meliputi eksplorasi masalah menggunakan FlashAR, diskusi kelompok, presentasi hasil, dan refleksi, serta (3) penutup (evaluasi dan tindak lanjut). Tahap pelaksanaan diselenggarakan dengan memanfaatkan media FlashAR di kelas eksperimen pada pembelajaran matematika. Tujuan dari fase ini adalah untuk menilai penggunaan media dalam kegiatan belajar serta tanggapan siswa saat media digunakan. Berikutnya, tahap penilaian diselenggarakan untuk menentukan seberapa jauh media tersebut layak dan efektif berdasarkan hasil verifikasi dari para pakar, tanggapan dari guru dan siswa, serta hasil tes keterampilan murid dalam memecahkan masalah serta berpikir kritis.

Data untuk studi ini berasal dari berbagai sumber, termasuk wawancara, dokumentasi, survei, dan pengujian. Lembar validasi meliputi spesialis media, materi, serta bahasa; survei untuk menganalisis kebutuhan guru dan siswa; dan tes untuk mengukur keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah murid merupakan instrumen penelitian. Instrumen tes pemecahan masalah disusun berdasarkan indikator Polya (1973) yang meliputi: (1) memahami masalah, (2) merencanakan strategi, (3) melaksanakan strategi, dan (4) memeriksa kembali. Instrumen tes berpikir kritis disusun berdasarkan indikator Ennis (2011) yang meliputi: (1) memberikan penjelasan sederhana, (2) membangun keterampilan dasar, (3) menyimpulkan, (4) memberikan penjelasan lanjut, dan (5) strategi dan taktik. Data dianalisis menggunakan teknik kuantitatif deskriptif. Data tentang kesesuaian media ditampilkan dalam persentase. Data dianalisis menggunakan SPSS versi 25, yang meliputi pengujian normalitas *Shapiro-Wilk*, uji homogenitas *Levene*, uji t sampel berpasangan, uji t sampel independen, dan uji N-gain.

Hasil dan Pembahasan

Analisis (*Analysis*)

Pada fase analisis, peneliti mengidentifikasi kebutuhan serta masalah yang ada dalam pengajaran matematika di SDN Pendrikan Lor 02. Aktivitas yang

diselenggarakan dalam fase ini mencakup analisis tentang kebutuhan, karakteristik siswa, dan materi pembelajaran. Hasil dari pengamatan dan percakapan dengan guru kelas IV memperlihatkan pengajaran masih dikuasai oleh guru dengan metode ceramah. Di samping itu, pemakaian media pengajaran yang dapat memfasilitasi pemahaman murid terhadap konsep matematika secara lebih nyata masih sangat kurang. Situasi ini mengakibatkan partisipasi siswa pada proses belajar mengajar belum maksimal.

Hasil menganalisis karakteristik murid memperlihatkan siswa cenderung lebih tertarik pada pengajaran yang memanfaatkan teknologi digital, elemen visual, dan interaktif. Analisis materi juga diselenggarakan untuk menentukan pokok bahasan yang akan dikembangkan dalam media FlashAR, yaitu materi luas serta volume. Hasil menganalisis ini dipergunakan sebagai dasar untuk menyusun isi media, membuat tampilan visual, dan membuat objek tiga dimensi yang akan dimainkan. Selain menilai kebutuhan dan materi, pada fase ini juga diselenggarakan pengetesan alat penelitian. Alat yang dipakai untuk menilai keterampilan dalam menuntaskan permasalahan serta berpikiran kritis terlebih dahulu diuji guna memastikan standarnya. Pengetesan ini bertujuan untuk mengecek apakah setiap item soal bisa mengukur aspek yang ingin diteliti dan juga memiliki tingkat konsistensi yang baik. Analisis alat diselenggarakan dengan bantuan program SPSS yang melibatkan 54 murid kelas V sebagai responden untuk uji coba. Data dari hasil menguji instrumen berikutnya dianalisisnya melalui beberapa tahap. Pertama, diselenggarakan pengujian validitas untuk menentukan seberapa jauh ketepatan setiap item soal dalam menilai indikator yang telah ditentukan. Kedua, diselenggarakan pengujian keandalan untuk mengetahui seberapa konsisten instrumen tersebut alhasil dapat berperan jadi instrumen ukur yang dapat diandalkan dalam penelitian.

Berikut Tabel 1 hasil uji validitas dan reliabilitas:

Tabel 1. Uji Validitas Butir Soal – Kemampuan Pemecahan Masalah (PM)

Soal	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	Keterangan
Soal 01	0,814	0,000	Valid, signifikan
Soal 02	0,639	0,000	Valid, signifikan
Soal 03	0,686	0,000	Valid, signifikan
Soal 04	0,814	0,000	Valid, signifikan
Soal 05	0,639	0,000	Valid, signifikan
Soal 06	0,686	0,000	Valid, signifikan
Soal 07	0,639	0,000	Valid, signifikan
Soal 08	0,814	0,000	Valid, signifikan

Hasil menguji validitas memperlihatkan setiap butir soal keterampilan penuntasan permasalahan punya angka koefisien korelasi yang melampaui angka r tabel dengan tingkat signifikansi 0,000. Soal-soal tertentu, seperti Soal 01, Soal 04, dan Soal 08, punya nilai korelasi tertinggi sejumlah 0,814, yang menampilkan korelasi yang kuat dengan skor total, sementara Soal soal lain, seperti Soal 02, Soal 05, dan Soal 07, punya nilai Nilai ini tetap memenuhi syarat minimum yang diperlukan untuk dinyatakan valid, meskipun nilainya lebih rendah daripada nilai item lainnya. Hasilnya berikut memperlihatkan setiap subyek punya keterampilan untuk mengukur aspek keterampilan penuntasan permasalahan mempergunakan indikator yang telah ditetapkan.

Tabel 2. Uji Validitas Butir Soal – Berpikir Kritis (BK)

Soal	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	Keterangan
Soal 01	0,523	0,000	Valid, signifikan
Soal 02	0,703	0,000	Valid, signifikan
Soal 03	0,675	0,000	Valid, signifikan
Soal 04	0,703	0,000	Valid, signifikan
Soal 05	0,576	0,000	Valid, signifikan
Soal 06	0,703	0,000	Valid, signifikan
Soal 07	0,675	0,000	Valid, signifikan
Soal 08	0,703	0,000	Valid, signifikan
Soal 09	0,675	0,000	Valid, signifikan
Soal 10	0,576	0,000	Valid, signifikan

Dalam instrumen penilaian keterampilan berpikir kritis, semua item soal juga terpenuhi standarisasi validitas dengan angka koefisien korelasi yang berada di antara 0,523 hingga 0,703. Nilai korelasi tertinggi tercatat pada Soal 02, Soal 04, Soal 06, dan Soal 08 yang menampilkan representasi yang sangat baik dari konstruksi berpikir kritis. Sementara itu, Soal 01 dan Soal 05 menampilkan angka korelasi yang sedikit lebih rendah, tetapi tetap berada di atas batas minimum validitas alhasil masih dapat dipergunakan. Dengan cara ini, seluruh item soal keterampilan berpikir kritis dinyatakan valid dan tidak perlu diperbaiki atau diganti.

Tabel 3. Uji Reliabilitas Instrumen

Instrumen	Cronbach's Alpha	Jumlah Item	Keterangan
PM	0,866	8	Reliabilitas tinggi
BK	0,839	10	Reliabilitas sangat tinggi

Berlandaskan analisis uji reliabilitas, instrumen yang mengukur keterampilan penuntasan permasalahan menampilkan angka Cronbach's Alpha sejumlah 0,866, sedangkan untuk instrumen keterampilan berpikir kritis, nilainya adalah 0,839.

Kedua angka ini melebihi batas minimal 0,80, yang menampilkan tingkat keandalan yang sangat tinggi. Penemuan berikut memperlihatkan instrumen itu punya konsistensi internal yang sangat positif, alhasil setiap item pertanyaan dapat menghasilkan data pengukuran yang konsisten dan saling mendukung dalam menilai keterampilan yang sedang diteliti. Dengan demikian, instrumen untuk penuntasan permasalahan serta berpikiran kritis dapat dikatakan valid untuk dipergunakan jadi instrumen penghimpun data pada studi berikut.

Desain (Design)

Pada fase perancangan, dikembangkan konsep dan spesifikasi media FlashAR berlandaskan analisis kebutuhan, karakteristik siswa, serta materi ajar. Proses dimulai dengan menentukan tujuan pengajaran yang selaras terhadap capaian yang ingin dicapai serta materi yang akan dihadirkan. Kemudian, diselenggarakan desain visual untuk *flashcard* yang meliputi ukuran kartu, tata letak, pemilihan warna, jenis font, serta penempatan gambar dan teks yang mengikuti karakter murid SD. Di tahap berikut, pun disusun storyboard sebagai panduan dalam pengembangan objek, termasuk model tiga dimensi (3D) serta audio tambahan yang akan muncul saat kartu dipindai. Di samping itu, disusun alat penelitian guna menilai kelayakan media dan mengukur peningkatan kompetensi siswa.

Pengembangan (Development)

Tahap pengembangan adalah langkah untuk mengubah ide media jadi produk pengajaran yang berbentuk FlashAR (*Flashcard* AR). Aktivitas yang diselenggarakan mencakup penyusunan konten, pembuatan desain visual untuk *flashcard*, pemilihan gambar, penataan tata letak, serta penambahan elemen tambahan mengikuti tujuan pembelajaran. Selanjutnya, objek 3D serta audio dikembangkan yang terintegrasi dengan teknologi AR, alhasil dapat muncul ketika *flashcard* 2D dipindai dengan perangkat digital. Fitur ini disusun untuk memberi pengalaman belajar yang lebih menarik, interaktif, dan bermakna bagi murid. Di tahapan pengembangannya, terdapat beberapa unsur yang jadi fokus utama, yaitu kualitas tampilan media, kemudahan pemakaian, kualitas fitur AR, dan daya tahan media. Tampilan media disusun dengan mempertimbangkan kombinasi warna, jenis huruf, ilustrasi, dan tata letak yang mengikuti perkembangan murid di tingkat SD. Di samping itu, media ini ada kelengkapan dengan petunjuk pemakaian yang sederhana serta mudah dimengerti oleh guru maupun siswa. Kualitas AR ditekankan pada kejernihan objek 3D, fitur zoom kestabilan

pelacakan saat dan rotasi, serta melaksanakan pemindaian. Sementara itu, faktor ketahanan diperhatikan melalui pemilihan bahan *flashcard* yang kuat, aman, dan tahan lama untuk kegiatan pembelajaran. Media FlashAR yang dihasilkan terdiri dari 12 kartu pengajaran yang sudah ada kelengkapan dengan panduan pemakaian. Desain media yang telah dikembangkan diperlihatkan yakni.



Gambar 1. Desain Media Flashcard Berbasis Augmented Reality (AR) Sisi Depan



Gambar 2. Desain Media Flashcard Berbasis Augmented Reality (AR) Sisi Belakang

Media FlashAR yang sudah selesai dibuat kemudian melalui tahap evaluasi untuk menilai seberapa jauh layak dipergunakan sebagai sarana pembelajaran. Proses evaluasi ini diselenggarakan oleh para pakar di bidang media, materi, serta bahasa untuk mendapat penilaian serta rekomendasi perbaikan terhadap produk yang telah disusun. Evaluasi dari pakar media lebih memfokuskan pada aspek visual dan teknis media, termasuk kualitas tampilan, kemudahan dalam pemakaian, fungsi dari fitur AR, serta daya tahan media saat diterapkan pada proses pengajaran. Hasil dari validasi media bertujuan untuk memastikan bahwa FlashAR menarik untuk dilihat, mudah dipergunakan, dan mengikuti karakteristik anak-anak di SD. Di sisi lain, validasi oleh pakar materi bertujuan untuk menilai apakah isi media mengikuti tujuan pembelajaran matematika yang telah ditentukan. Penilaian ini mencakup keakuratan konsep, kelengkapan materi, serta kesesuaian penyampaian materi dengan tahap perkembangan murid. Dengan melalui proses ini, kita dapat mengetahui seberapa baik materi yang diperlihatkan dapat membantu mencapai tujuan pembelajaran.

Di samping itu, validasi dari para pakar bahasa diselenggarakan untuk menilai seberapa jauh kejelasan bahasa yang dipergunakan dalam media. Aspek-aspek yang dinilai meliputi kecocokan bahasa dengan karakteristik siswa, akurasi istilah yang dipergunakan, serta pemakaian simbol yang tepat. Hasil penilaian dari ketiga validator tersebut selanjutnya dijadikan jadi acuan untuk menentukan apakah media FlashAR layak diterapkan pada proses pengajaran. Hasil memvalidasi para pakar tersebut diperlihatkan melalui Tabel 4.

Tabel 4. Penilaian Validasi Ahli Media

Aspek	Persentase	Kategori
Ahli Media	92%	Sangat Layak

Berlandaskan evaluasi dari pakar media, FlashAR mendapat kategori sangat layak dengan nilai yang tinggi. Penilaian tersebut didasarkan pada beberapa aspek, yaitu kualitas penyajian, kemudahan pemakaian, kualitas fitur AR, daya tahan, serta keamanan media yang menampilkan hasil sangat baik. Meskipun demikian, validator memberi beberapa saran perbaikan, seperti penyempurnaan tata letak dan penambahan logo universitas. Saran tersebut berikutnya dipergunakan sebagai dasar revisi untuk memaksimalkan kualitas media diaplikasikan pada pembelajaran.

Tabel 5. Penilaian validasi Ahli Materi

Aspek	Persentase	Kategori
Ahli Materi	93,4%	Sangat Layak

Berlandaskan kesesuaian materi, ketepatan konsep, dan kelengkapan isi, hasil validasi pakar materi memperlihatkan FlashAR masuk berkategori yang sangat layak.

Tabel 6. Penilaian Validasi Ahli bahasa

Aspek	Persentase	Kategori
Ahli Bahasa	92,3%	Sangat Layak

Hasil penilaian pakar bahasa juga menempatkan media pada kategori sangat layak. Penilaian ini diselenggarakan berlandaskan ketepatan pemakaian istilah dan simbol, kejelasan penyampaian informasi, dan kesesuaian pemakaian bahasa dengan kaidah KBBI. Secara keseluruhan, hasil validasi yang diselenggarakan oleh pakar media, pakar materi, dan pakar bahasa memperlihatkan media FlashAR memenuhi persyaratan yang diperlukan untuk dipergunakan pada pembelajaran. Penilaian itu memperlihatkan pengembangan media telah terpenuhi standarisasi mutu dalam hal aspek teknis, isi materi, serta bahasa. Oleh karena itu, FlashAR dianggap layak untuk dipergunakan jadi alat untuk mendukung murid belajar matematika di SD.

Implementasi (Implementation)

Menurut hasil validasi para pakar, tahap implementasi mencakup penerapan media FlashAR, yang telah dianggap layak. Pada saat ini, media pembelajaran berlandaskan AR dipergunakan untuk mengajar matematika di kelas IV di SDN Pendrikan Lor 02. Tujuan dari pemakaian media ini pada kelas eksperimen adalah untuk mengetahui seberapa baik FlashAR mendukung murid dalam menuntaskan permasalahan serta berpikiran kritis selain memaksimalkan

pemahaman mereka tentang berbagai topik. Ini adalah bagaimana penelitian diselenggarakan.



Gambar 3. Implementasi Media *flashcard* berbasis *Augmented Reality* (AR)

Pretest dan *posttest* sebelum serta sesudah pembelajaran diselenggarakan untuk mengukur pengaruh pemakaian media. Tujuan kedua tes adalah untuk mengetahui seberapa baik murid bisa menguasai materi luas serta volume setelah mempergunakan media FlashAR. Hasil menganalisis data *pretest* dan *posttest* diperlihatkan melalui Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Hasil *Pretest* dan *Posttest* Kemampuan Pemecahan Masalah

Kelas	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
Eksperimen	68,80	94,00
Kontrol	58,50	74,40

Tabel 8. Hasil *Pretest* dan *Posttest* Kemampuan Berpikir Kritis

Kelas	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
Eksperimen	65,92	92,48
Kontrol	58,24	74,00

Evaluasi (Evaluation)

Pada fase ini media FlashAR diukur secara kelayakan dan keefektifan.

Tabel 9. Respon Guru dan Siswa

Responden Persentase Kategori		
Guru	82,9%	Sangat Baik
Siswa	81%	Sangat Baik

Hasil menganalisis memperlihatkan keterampilan penuntasan permasalahan murid meningkat baik berkategori eksperimen maupun kontrol. Namun, ada peningkatan berkategori eksperimen diperbandingkan dengan kategori kontrol, memperlihatkan pemakaian media FlashAR lebih efektif dalam memaksimalkan keterampilan penuntasan permasalahan siswa. Keterampilan berpikir kritis juga meningkat. Baik pendidik maupun murid merespons pemakaian FlashAR selama proses pengajaran.

Tabel 10. Uji Normalitas

Data	Sig.
PM <i>Pretest</i> Kontrol	0,213
PM <i>Posttest</i> Kontrol	0,835
PM <i>Pretest</i> Eksperimen	0,299
PM <i>Posttest</i> Eksperimen	0,209
BK <i>Pretest</i> Kontrol	0,089
BK <i>Posttest</i> Kontrol	0,890
BK <i>Pretest</i> Eksperimen	0,851
BK <i>Posttest</i> Eksperimen	0,680

Tabel 11. Uji Homogenitas

Variabel	Sig.
Pemecahan Masalah	0,247
Berpikir Kritis	0,732

Semua data menampilkan distribusi normal dan homogen, dengan angka sig. lebih dari 0,05, menurut hasil menguji prasyarat.

Tabel 12. Uji *Paired Sample T-Test*

Variabel	Sig.
Pemecahan Masalah	0,000
Berpikir Kritis	0,000

Hasil menguji *Paired Sample t-Test* memperlihatkan ditemukan perbedaan nyata diantara angka pretest dan nilai posttest di kelas eksperimen. Angka sig. uji ini kurang dari 0,05.

Tabel 13. Uji *Independent Sample T-Test*

Variabel	Sig.
Pemecahan Masalah	0,000
Berpikir Kritis	0,000

Hasil *Independent Sample t-Test* juga menampilkan angka sig. di bawahnya 0,05. Hasil

memperlihatkan media FlashAR memaksimalkan keterampilan penuntasan permasalahan siswa lebih baik daripada media konvensional.

Tabel 14. Uji N-Gain

Variabel	N-Gain	Kategori
Pemecahan Masalah	0,82	Tinggi
Berpikir Kritis	0,81	Tinggi

Hasil menguji N-Gain memperlihatkan keterampilan berpikir kritis mendapat nilai 0,81 serta keterampilan penuntasan permasalahan mendapat nilai 0,82. Kedua angka itu sangat tinggi. Hasilnya berikut memperlihatkan pemakaian memaksimalkan keterampilan media murid FlashAR untuk menuntaskan permasalahan serta berpikir kritis. Dengan demikian, media FlashAR terbukti berguna untuk membantu pembelajaran matematika pada materi yang luas serta volume.

Hasil validasi yang diselenggarakan oleh pakar media, pakar materi, dan pakar bahasa memperlihatkan FlashAR adalah jenis yang sangat cocok untuk dipergunakan pada pembelajaran. Hasil yang bagus dari penilaian memperlihatkan media telah memenuhi kualitas materi, tampilan, kebahasaan, dan kesesuaian dengan murid SD. Hasilnya berikut selaras terhadap gagasan Batubara (2021), menyebutkan media pembelajaran digital yang interaktif dan visual dapat memaksimalkan kualitas pembelajaran.

Hasil penelitian memperlihatkan murid punya keterampilan yang lebih baik untuk menuntaskan masalah setelah mempergunakan FlashAR. Nilai rerata naik yang semula 68,80 di pretest jadi 94,00 pada posttest, dan peningkatan ini didukung oleh nilai N-Gain sejumlah 0,82, menempatkan murid berkategori yang sangat baik. Teknologi AR mendukung murid menuntaskan masalah matematika dengan membantu mereka memahami konsep luas serta volume. Di samping itu, hasil menguji statistik memperlihatkan ditemukan perbedaan yang signifikan diantara pemakaian media sebelum serta sesudahnya.

Keterampilan berpikir kritis murid dimaksimalkan dengan pemakaian FlashAR. Nilai rerata naik yang semula 65,92 di pretest jadi 92,48 pada posttest, dan nilai Page 14 of 15 - Integrity Submission N-Gain sejumlah 0,81 memperlihatkan angka itu masuk berkategori tinggi. Murid didorong untuk mengamati, menganalisis, dan menilai informasi melalui media ini. Mereka juga diminta untuk memberi alasan yang masuk akal untuk jawaban yang mereka peroleh. Hasil memperlihatkan FlashAR mendukung murid belajar berpikiran kritis.

FlashAR mendukung pemakaian model Pembelajaran Berbasis Masalah (PBL) karena dapat diterapkan di semua tahap pembelajaran, yaitu dari

pengenalan masalah, penelitian, pencarian solusi, hingga penilaian hasil. Penggabungan ini menghasilkan pengalaman belajar yang lebih dinamis, nyata, serta berarti bagi murid.

Kelebihan studi ini adalah inovasi dalam menciptakan media FlashAR untuk materi mengenai luas serta volume yang menggabungkan flashcard dengan teknologi AR. Tidak seperti studi sebelumnya yang lebih memfokuskan kekepada hasil pembelajaran atau pemahaman konsep, studi ini secara khusus meneliti dampak FlashAR terhadap keterampilan penuntasan permasalahan serta berpikiran kritis yang merupakan keterampilan penting di abad ke-21. Selanjutnya, media yang dibuat mengkombinasikan pengalaman belajar yang nyata, visual, dan digital dalam satu kesatuan proses pengajaran.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan model ADDIE, meliputi proses menganalisis, mendesain, mengembangkan, menerapkan, serta mengevaluasi, telah digunakan dengan sukses untuk mengembangkan media FlashAR. Hasil validasi menunjukkan media ini termasuk kategori sangat layak; 92% dari pakar media, 93,4% dari pakar materi, dan 92,3% dari pakar bahasa menilainya sangat baik. Berdasarkan analisis N-Gain yang menunjukkan skor 0,82 untuk pemecahan masalah dan 0,81 untuk berpikir kritis (keduanya termasuk kategori tinggi), dapat disimpulkan bahwa FlashAR efektif meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan berpikir kritis siswa kelas IV SDN Pendrikan Lor 02 pada materi luas dan volume. Analisis statistik juga membuktikan bahwa penggunaan FlashAR lebih efektif dibandingkan media konvensional. Penelitian ini memiliki keterbatasan, yaitu hanya dilaksanakan di satu SD (SDN Pendrikan Lor 02), hanya terbatas pada materi luas dan volume, serta durasi implementasi yang relatif singkat (4 pertemuan). Oleh karena itu, generalisasi hasil penelitian ini perlu dilakukan dengan hati-hati. Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan uji coba FlashAR pada materi matematika lainnya seperti pecahan, bangun datar, atau statistika; menerapkannya pada jenjang kelas yang berbeda (kelas V atau VI); serta mengintegrasikannya dengan model pembelajaran lain seperti Discovery Learning atau Project Based Learning untuk melihat efektivitasnya dalam konteks yang lebih luas. Penelitian lanjutan juga disarankan untuk melibatkan lebih banyak sekolah dengan latar belakang yang bervariasi agar hasilnya lebih representatif.

Referensi

- 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>
- Batubara, H. H. (2021). *Media Pembelajaran Digaaital*. PT Remaja Rosdakarya.
- Bulut, M., & Ferri, R. B. (2023). A systematic literature review on augmented reality in mathematics education. In *European Journal of Science and Mathematics Education* (Vol. 11, Issue 3, pp. 556–572). Bastas. <https://doi.org/10.30935/scimath/13124>
- Diani, D. P., & Wulandari, D. (2025). Development of Flashcard Media Assisted by Augmented Reality in Improving Learning Outcomes in Learning IPAS. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(3), 34–43. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i3.10724>
- Fadillah, N. F., & Nurafni, N. (2022). PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN MATERI BERBAGAI BENTUK PECAHAN PENJUMLAHAN DAN PENGURANGAN DI SEKOLAH DASAR. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(3), 1933. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i3.5280>
- Febianti, B. S. R., Istiningsih, S., Wahyuningsih, B. Y., & Nurmawanti, I. (2025). Pengaruh Strategi Pembelajaran Everyone Is A Teacher Here Terhadap Tingkat Percaya Diri Siswa Kelas III Pada Mata Pelajaran Matematika Di SDN 11 Praya Tahun Ajaran 2024/2025. *Journal of Classroom Action Research*, 7(2), 632–638. <https://doi.org/10.29303/jcar.v7i2.11124>
- Herawadini, F., Setiadi, D., Lestari, T. A., & Handayani, B. S. (2026). Pengaruh Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Video Animasi Terhadap Kemampuan Berpikir Komputasional pada Pembelajaran Biologi Kelas XI SMA Negeri 10 Mataram. *Journal of Classroom Action Research*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.29303/jcar.v8i1.14003>
- Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. (2023). *Laporan Hasil Asesmen Nasional Tahun 2023*. Diperoleh dari <https://pusmendik.kemdikbud.go.id>
- Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. (2024). *Permendikbudristek Nomor 12 Tahun 2024 tentang Kurikulum pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah*. Diperoleh dari <https://jdih.kemdikbud.go.id>

- Kharismayanda, M., Ketaren, M. A., Rahmawati, S., Nabilla, N., Rahmadani, P. S., Fadhilah, N. A., & Wenni, S. (2025). Strategi efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep dasar matematika siswa sekolah dasar. *Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan Indonesia*, 4(2), 1080-1085. <https://doi.org/10.31004/jpion.v4i2.543>
- Logayah, D. S., Salira, A. B., Kirani, K., Tianti, T., & Darmawan, R. A. (2023). Pengembangan Augmented Reality Melalui Metode Flash Card Sebagai Media Pembelajaran IPS. *Jurnal Basicedu*, 7(1), 326-338. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v7i1.4419>
- Logayah, D. S., Salira, A. B., Kirani, K., Tianti, T., & Darmawan, R. A. (2023). Pengembangan Augmented Reality Melalui Metode Flash Card Sebagai Media Pembelajaran IPS. *Jurnal Basicedu*, 7(1), 326-338. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v7i1.4419>
- Noviyana, H., Rahmawati, F., Rara Kirana, A., Tanod, J., Pgri, S., & Lampung, B. (n.d.). *Journal of Integrated Elementary Education Enhancing Elementary Students' Mathematical Problem-Solving Skills Through AI-Assisted Problem-Based Learning*. 5(2), 2828-223. <https://doi.org/10.21580/jie>
- Nurwasilah, L., Hasanah, N., & Sobri, M. (2024). Keefektifan Model Problem Based Learning (PBL) Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas V Pada Muatan Pembelajaran IPS. *Journal of Classroom Action Research*, 6(4), 859-865. <https://doi.org/10.29303/jcar.v6i4.9709>
- Ramdani, A., Jufri, A. W., Jamaluddin, J., & Yustiqvar, M. (2023, April). Increasing student science literacy: Learning studies using Android-based media during the Covid-19 pandemic. In *THE 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENCE EDUCATION AND SCIENCES* (Vol. 2619, No. 1, p. 070001). AIP Publishing LLC. <https://doi.org/10.1063/5.0122847>
- Santiwidia, A., Kurniawan, E., & Prayitno, S. (2025). Analisis Kemampuan Literasi Matematika dalam Menyelesaikan Soal Matematika PISA pada Peserta Didik SMP. *Journal of Classroom Action Research*, 7(3), 925-932. <https://doi.org/10.29303/jcar.v7i3.11636>
- Saraswati, P. M. S., & Agustika, G. N. S. (2020). Kemampuan berpikir tingkat tinggi dalam menyelesaikan soal HOTS mata pelajaran matematika. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 4(2), 257-269. <https://doi.org/10.23887/jisd.v4i2.25336>
- Sugiyono. (2023). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Susanto, R. E. (2024). Strategi pembelajaran matematika untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa. *Jurnal Ilmiah IPA Dan Matematika (JIIM)*, 2(3), 72-77. <https://doi.org/10.61116/jiim.v2i3.479>
- Ulfa, S. M., & Fadilah, Y. (2025). Development of Augmented Reality-Based Flashcard Instructional Media for Natural Science Learning in Madrasah Ibtidaiyah. *AR-RIAYAH: Jurnal Pendidikan Dasar*, 9(2), 167-180. <https://doi.org/10.29240/jpd.v9i2.14888>
- Widianingrum, S. A., & Aeni, K. (2025). Pengembangan Media Pop Up Book Digital Berbasis PBL untuk Meningkatkan Minat Belajar dan Joyful Learning Pendidikan Pancasila Siswa Kelas III SD Muhammadiyah Tonggalan Klaten. *Journal of Classroom Action Research*, 8(2), 1067-1076. <https://doi.org/10.29303/jcar.v8i2.15003>
- Winarso, A., Siswanto, J., & Roshayanti, F. (2023). Pengembangan perangkat pembelajaran pada materi interaksi makhluk hidup dengan lingkungan ditinjau dari kemampuan pemecahan masalah dan berfikir kritis siswa SMP Negeri 2 Moga. *Jurnal Kualita Pendidikan*, 4(1), 16-27. <https://doi.org/10.51651/jkp.v4i1.342>
- Yustiqvar, M., Hadisaputra, S., & Gunawan, G. (2019). Analisis penguasaan konsep siswa yang belajar kimia menggunakan multimedia interaktif berbasis green chemistry. *Jurnal Pijar Mipa*, 14(3), 135-140.
- Yustiqvar, M., Ramdani, A., Hakim, A., & Mulyaningsih, T. (2026). Literature Review: Development of an Integrated Contextual Inquiry Learning Model for Virtual Reality-Assisted Educational Tourism to Improve Students' Environmental Literacy and Digital Literacy. *Journal of Educational Studies*, 4(1), 469-483.