

Pengembangan Media Pembelajaran Digital Bumi dan Antariksa Berbantuan *Augmented Reality* dengan Pendekatan Saintifik di Kelas VI Sekolah Dasar

I Made Yudi Wira Sagita¹, I Made Ariasa Giri², Kadek Hengki Primayana³.

¹Institut Agama Hindu Negeri Mpu Kuturan, Indonesia

Corresponding author's email: yudiwira42@gmail.com

Abstract: *This study was motivated by sixth-grade elementary school students' difficulty in understanding astronomical phenomena such as Earth's rotation-revolution, eclipses, and the solar system, as these cannot be observed directly, while classroom instruction remains dominated by lecture-based methods with minimal digital media grounded in the scientific approach. This Research and Development (R&D) study, based on the ADDIE model, produced an offline, marker-based Augmented Reality (AR) Android application on the topic of Earth and Outer Space, integrating interactive 3D objects into the stages of the scientific approach. The product was validated by material and media experts and tested for usability and practicality with students and a teacher at SD Negeri 1 Anturan using the LORI instrument, Heuristic Evaluation, and the UEQ. The results showed a material validity of 92% and a media validity of 88.75% (both in the "Feasible" category), a usability level with no identified issues, and UEQ practicality results in the "Excellent" category across all six scales, with the highest scores on stimulation and novelty. These findings indicate that integrating AR with the scientific approach effectively concretizes abstract astronomical concepts and is feasible for implementation in schools with limited digital infrastructure.*

Keywords: *Augmented Reality, ADDIE Model, Scientific Approach, Earth and Outer Space, Elementary Science Education*

Abstrak: Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kesulitan peserta didik kelas VI Sekolah Dasar dalam memahami fenomena astronomis seperti rotasi-revolusi Bumi, gerhana, dan tata surya karena tidak dapat diamati langsung, sementara pembelajaran masih didominasi oleh metode ceramah dengan minimnya media digital berbasis pendekatan saintifik. Penelitian pengembangan (R&D) berbasis model ADDIE ini menghasilkan aplikasi *Augmented Reality* (AR) Android luring berbasis marker pada materi Bumi dan Antariksa, yang mengintegrasikan objek 3D interaktif ke dalam tahapan pendekatan saintifik. Produk divalidasi oleh ahli materi dan media, serta diuji ketergunaan dan kepraktisannya kepada peserta didik dan guru di SD Negeri 1 Anturan menggunakan instrumen LORI, *Heuristic Evaluation*, dan UEQ. Hasil menunjukkan kevalidan materi 92% dan media 88,75% (kategori "Layak"), ketergunaan tanpa masalah teridentifikasi, serta kepraktisan UEQ berkategori "*Excellent*" pada keenam skala, dengan skor tertinggi pada stimulasi dan kebaruan. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi AR dengan pendekatan saintifik efektif mengonkretkan konsep astronomi abstrak dan layak diterapkan di sekolah dengan keterbatasan infrastruktur digital.

Kata kunci: *Augmented Reality, Model ADDIE, Pendekatan Saintifik, Bumi dan Antariksa, IPAS Sekolah Dasar*

PENDAHULUAN

Dinamika dunia pendidikan pada abad ke-21 mengisyaratkan sebuah pergeseran paradigma yang mendasar, di mana proses transfer ilmu pengetahuan tidak lagi bertumpu pada dominasi pengajar (*teacher-centered*),

melainkan beralih pada keaktifan murid (*student-centered*). Tuntutan era modern ini mewajibkan penguasaan kecakapan abad ke-21 atau yang dikenal dengan kerangka 4C (*critical thinking, creativity, collaboration, dan communication*). Keberhasilan pencapaian kompetensi tersebut mutlak memerlukan dukungan infrastruktur teknologi digital secara menyeluruh (Mardikaningsih *et al.*, 2026). Generasi masa kini lahir sebagai kaum *digital native* yang tumbuh berdampingan dengan perangkat gawai seperti telepon pintar dan komputer sejak usia dini. Kondisi psikologis dan kultural ini membentuk pola pikir baru dalam memproses informasi; mereka jauh lebih responsif terhadap stimulasi visual, interaktif, dan pengalaman langsung ketimbang paparan informasi satu arah. Akibatnya, pendidik dituntut untuk memiliki fleksibilitas tinggi dalam merancang media pembelajaran yang inovatif serta relevan dengan karakter peserta didik guna mendorong motivasi dan menciptakan pengalaman belajar yang bermakna.

Arah kebijakan nasional melalui Kurikulum Merdeka semakin memperkuat urgensi tersebut. Sistem pendidikan ini memberikan keleluasaan penuh kepada guru untuk bertindak sebagai fasilitator yang mengarahkan murid agar lebih mandiri, kritis, dan berkompetensi tinggi (Kemendikbud, 2022). Mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) di tingkat Sekolah Dasar dirancang secara terpadu untuk menjembatani pemahaman sains dan relasi sosial secara kontekstual melalui fase-fase pembelajaran yang eksploratif. Kendati demikian, realitas di ruang kelas kerap kali bertolak belakang dengan idealisme kurikulum. Praktik pedagogis di lapangan masih banyak yang terjebak pada metode konvensional berbasis ceramah dan ketergantungan mutlak pada buku teks tercetak. Lemahnya optimalisasi sarana digital turut berdampak langsung pada pasifnya keterlibatan peserta didik serta merosotnya semangat belajar mereka (Putri *et al.*, 2025).

Gejala ini tampak secara nyata pada proses pembelajaran IPAS, khususnya dalam mengkaji topik-topik yang bersifat abstrak seperti "Bumi dan Antariksa". Fenomena astronomis seperti mekanisme rotasi serta revolusi bumi, fase gerhana, hingga susunan tata surya merupakan materi yang mustahil diamati secara kasatmata dalam skala riil di dalam kelas. Ketiadaan visualisasi yang memadai membuat peserta didik mengalami disorientasi konseptual, merasa jenuh, dan gagal menangkap esensi materi secara utuh. Hasil peninjauan awal melalui wawancara dengan tenaga pendidik dan peserta didik mengonfirmasi bahwa kendala utama bersumber dari minimnya ketersediaan media digital interaktif yang mampu merasionalkan konsep-konsep abstrak tersebut menjadi bentuk visual yang konkrit dan mudah dicerna.

Sebagai jawaban atas tantangan tersebut, pemanfaatan teknologi *Augmented Reality* (AR) menawarkan terobosan mutakhir. Dengan kemampuannya memproyeksikan objek digital tiga dimensi ke dalam pandangan dunia nyata secara seketika (*real-time*), AR mampu memfasilitasi interaksi langsung antara peserta didik dengan replika fenomena antariksa (Tarigan, 2025). Pendekatan ini tidak hanya membumikan konsep abstrak menjadi lebih kasat mata, tetapi juga sangat selaras dengan profil gaya belajar generasi digital. Walaupun demikian, penelusuran terhadap berbagai literatur memperlihatkan adanya celah riset (*research gap*) yang krusial. Sebagian besar studi terdahulu menempatkan AR sebatas instrumen visual pendukung semata, tanpa meramunya secara metodologis ke dalam tahapan pendekatan saintifik yang diwajibkan oleh Kurikulum Merdeka untuk peserta didik kelas VI Sekolah Dasar.

Bertolak dari akumulasi permasalahan di atas, urgensi pengembangan media pembelajaran digital berbasis *Augmented Reality* menjadi sangat rasional dan mendesak. Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada integrasi

sistematis antara teknologi AR dengan sintaks pendekatan saintifik (mengamati, menanya, mengeksplorasi, menalar, serta mengomunikasikan) yang difokuskan secara spesifik pada materi Bumi dan Antariksa kelas VI. Melalui inovasi ini, produk yang dihasilkan tidak sekadar memikat secara visual, namun juga memiliki landasan pedagogis yang kokoh untuk menjawab problem riil pembelajaran di sekolah dasar sekaligus memperkaya diskursus akademik mengenai pemanfaatan teknologi pendidikan masa kini.

METODE PENELITIAN

Peneliti mengadopsi rancangan *Research and Development* (R&D) untuk memproduksi, merancang, dan menguji kelayakan media belajar berbasis digital yang interaktif. Penggunaan metode R&D dipandang ideal sebab mampu melahirkan inovasi produk yang teruji keabsahannya serta mampu menjawab kendala instruksional di Sekolah Dasar. Fungsionalitas produk berpusat pada integrasi teknologi *Augmented Reality* (AR) guna mempermudah pemahaman murid terhadap konsep-konsep Bumi dan Antariksa yang sulit divisualisasikan. Pengembangan media ini secara menyeluruh mengacu pada pemetaan kebutuhan di sekolah dan menyelaraskan diri dengan pendekatan saintifik agar proses belajar terasa nyata dan relevan (Sholicha & Ratnaningrum, 2025).

Kerangka pengembangan pada studi ini berpedoman pada skema ADDIE yang mencakup lima fase krusial: *Analysis* (Analisis), *Design* (Desain), *Development* (Pengembangan), *Implementation* (Implementasi), serta *Evaluation* (Evaluasi). Pengadopsian skema ADDIE didasari oleh alur kerjanya yang terstruktur, rasional, dan berurutan secara terintegrasi (Prabowo & Wakhudin, 2024). Pada fase analisis dan desain, pemetaan terhadap kebutuhan media digital dilakukan secara mendalam. Kemudian, fase pengembangan beserta evaluasi berfungsi menjamin bahwa perangkat media berbasis AR yang dirancang telah memenuhi kriteria kelayakan pedagogis sebelum diterapkan secara langsung untuk mengoptimalkan mutu serta capaian belajar peserta didik dalam disiplin ilmu IPAS (Saputra et al., 2025).

Evaluasi secara berkala dilakukan peneliti pada tiap tahapan untuk memastikan kualitas media. Tahap analisis diawali dengan mengkaji Capaian Pembelajaran IPAS kelas VI Kurikulum Merdeka, mengidentifikasi kebutuhan guru dan murid, menginventarisasi sarana sekolah, serta menelaah kedalaman materi Bumi dan Antariksa. Sejalan dengan riset (Suksma et al., 2023), penggabungan materi IPA dan IPS dalam IPAS masih menghadapi kendala di lapangan, sehingga guru memerlukan media interaktif guna menjelaskan materi abstrak seperti rotasi dan revolusi Bumi.

Pada tahap perancangan, peneliti membangun prototipe media digital berbasis *Augmented Reality* (AR) melalui enam langkah sistematis. Perangkat yang digunakan meliputi *Assemblr Edu* untuk objek 3D, aplikasi grafis visual, *laptop*, serta *smartphone* Android (minimal versi 8.0) untuk pemindaian *marker*. Media dikemas berupa aplikasi Android (.apk) luring berbasis *marker* yang memuat materi struktur Bumi, tata surya, rotasi, revolusi, dan gerhana. Seluruh materi dilengkapi objek 3D interaktif berfitur *rotate 360°*, *zoom*, serta animasi kontrol.

Purwarupa akhir yang memadukan objek 3D tata surya, teks, serta narasi ini diakses melalui pemindaian *marker* atau *QR code*. Hasil rancangan ini menjadi dasar untuk melangkah ke tahap pengembangan (*Development*). Pada fase ini, objek 3D dirangkai bersama *marker* dan fitur interaktif pada *Assemblr Edu*. Penggunaan platform ini terbukti membantu peserta didik kelas VI mengamati detail planet dari beragam sudut. Temuan ini diperkuat oleh (Ramli et al., 2025) melalui media SOLCAR, yang menegaskan bahwa *Assemblr Edu* secara

signifikan mendongkrak penguasaan konsep IPAS dan hasil belajar peserta didik SD. Pada tahap pengembangan ini akan dievaluasi oleh 2 pakar materi yakni dosen yang bergeluh Dr. (*Doctor*) dan 2 pakar media yang juga bergeluh Dr. (*Doctor*) untuk mengetahui kelayakan media dengan menggunakan formula dibawah ini. Hasil dari validitas akan dijadikan acuan untuk melanjutkan pada tahap impementasi.

$$V = \frac{\text{Total Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 100$$

Tabel 1 Kategori Kelayakan Materi dan Media

Rentang Skor	Kategori
85,01-100%	Layak
70,01-85%	Cukup Layak
50,01-70%	Kurang Layak
00,00-50%	Tidak Layak

Sumber : dimodifikasi dari (Amin et al., 2022) Hartawan et al., 2025

PEMBAHASAN

Aplikasi pembelajaran digital IPAS materi Bumi dan Antariksa ini berbentuk berkas Android (.apk) yang dapat dijalankan secara luring (*offline*) menggunakan pemindaian *marker* atau *QR code*. Media ini mencakup topik struktur Bumi, sistem tata surya, rotasi-revolusi, serta fenomena gerhana. Fitur utamanya adalah objek 3D interaktif yang dilengkapi dengan kendali rotasi 360°, fitur perbesaran (*zoom*), dan animasi kontrol. Pemanfaatan *Augmented Reality* (AR) terbukti dapat memvisualisasikan fenomena astronomi abstrak secara konkret pada peserta didik sekolah dasar (Fichan et al., 2023). Sisi antarmuka dikemas dalam 13 alur tampilan berdesain cerah, navigasi sederhana, dan font ramah anak. Pengembangannya dilengkapi modul ajar berbasis pendekatan saintifik serta instrumen evaluasi. Pengintegrasian media AR dengan pendekatan saintifik secara signifikan mampu meningkatkan pemahaman konsep IPA dan keterlibatan aktif peserta didik SD di kelas (Annisa et al., 2024).

Proses evaluasi kelayakan media pembelajaran digital IPAS materi Bumi dan Antariksa berbasis *Augmented Reality* (AR) dilaksanakan melalui pengujian bertahap, meliputi validasi instrumen, penilaian isi oleh para ahli (*judges*), serta serangkaian uji coba pengguna (*one-to-one*, kelompok kecil, dan uji terbatas). Pengujian aspek teknologi pembelajaran menggunakan instrumen *Learning Object Review Instrument* (LORI) oleh dua orang pakar.

Tabel 2. Hasil Rekapitulasi Uji Materi

Aspek	Ahli 1	Ahli 2
Persentase Validitas	94%	90%
Rata-Rata Persentase	92%	
Kriteria	Layak	

Hasil uji validitas materi oleh dua orang ahli menunjukkan tingkat kevalidan yang sangat tinggi, masing-masing memberikan persentase sebesar 94% (Ahli 1) dan 90% (Ahli 2). Dengan perolehan rata-rata persentase sebesar 92%, materi

pembelajaran yang dikembangkan secara keseluruhan dinyatakan memenuhi kriteria Layak untuk digunakan.

Tabel 3. Hasil Rekapitulasi Uji Media

Aspek	Ahli 1	Ahli 2
Persentase Validitas	97,5%	80%
Rata-Rata Persentase	88,75%	
Kriteria	Layak	

Berdasarkan hasil uji validitas media oleh dua orang ahli, diperoleh persentase sebesar 97,5% dari Ahli 1 dan 80% dari Ahli 2. Dengan rata-rata persentase sebesar 88,75%, media pembelajaran yang dikembangkan dinyatakan memenuhi kriteria Layak untuk digunakan. Temuan ini didukung juga oleh penilaian dari (Wibowo et al., 2022). Penggunaan instrumen LORI terbukti metodologis dan efisien dalam mengukur kualitas desain antarmuka, interaktivitas, dan kepatuhan standar media digital (Leacock & Nesbit, 2007; Zahra et al., 2026). Dari aspek materi dan media penilaian masing masing ahli terhadap relevansi konten, tujuan instruksional, serta dampak motivasional memperoleh skor rata-rata 92% (Layak). Temuan ini menegaskan bahwa integrasi teknologi visual 3D yang tepat mampu menjaga akurasi materi sains sekaligus meningkatkan motivasi belajar peserta didik (Fichan et al., 2023).

Tahap uji coba produk diawali melalui uji satu-satu (*one-to-one*) di SD Negeri 1 Anturan yang melibatkan tiga peserta didik dan seorang guru dengan teknik *cognitive walkthrough*. Hasil evaluasi pada enam skenario tugas mulai dari pemindaian *QR code*, manipulasi objek 3D, hingga penyelesaian aktivitas berpendekatan saintifik berjalan lancar tanpa catatan perbaikan, yang menandakan bahwa media mampu mengonkretkan materi astronomi yang abstrak. Selanjutnya, uji kelompok kecil menggunakan teknik *Think Aloud* mengonfirmasi tinggi dan efektifnya interaksi serta kolaborasi peserta didik dalam mengeksplorasi fitur rotasi dan simulasi gerhana. Penggunaan metode *Think Aloud* terbukti akurat dalam mengevaluasi pengalaman pengguna (*user experience*) serta proses kognitif peserta didik saat mengoperasikan media pembelajaran digital (Alvico et al., 2025).

Pada tahap uji terbatas yang melibatkan 29 peserta didik dan seorang guru evaluator, analisis ketergunaan (*usability*) diukur menggunakan kerangka *Heuristic Evaluation* dan *Severity Ratings* (Rosyidah & Andarwati, 2026). Hasil penilaian menunjukkan bahwa media berada pada Level 0 (*Don't Agree*), yang mengindikasikan tidak adanya permasalahan ketergunaan secara keseluruhan dan sistem sangat nyaman dioperasikan. Tingkat *usability* yang optimal pada media berbasis AR menjadi kunci utama untuk memastikan proses belajar berbasis pendekatan saintifik berjalan efektif dan tanpa hambatan teknis.

Hasil pengujian validitas materi (92%) dan media (88,75%) serta uji ketergunaan pengguna yang berada pada Level 0 (*Don't Agree*) mengonfirmasi bahwa produk media pembelajaran digital interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) ini memenuhi seluruh kualifikasi kelayakan pedagogis dan teknis. Ditinjau dari *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML) oleh Mayer (2014) dalam (Anggraini et al., 2026), keberhasilan media ini berakar pada penerapan Prinsip Kontiguitas Spasial dan Prinsip Modalitas, di mana integrasi objek visual 3D, teks, dan rekaman narasi disajikan secara bersamaan dan berdekatan untuk meminimalkan beban kognitif luar (*extraneous cognitive load*). Tampilan elemen visual interaktif 3D pada materi astronomi terbukti membantu peserta didik

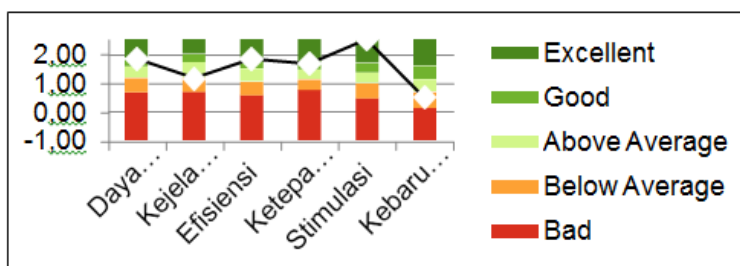
memproses informasi secara bersamaan melalui saluran visual dan pendengaran secara optimal tanpa memicu *overload* kapasitas memori kerja (*working memory*). Di samping itu, tingkat *usability* yang tinggi sebagaimana diukur melalui kerangka LORI dan evaluasi heuristik terbukti memfasilitasi pemrosesan informasi secara aktif (*germane cognitive load*), sehingga peserta didik usia sekolah dasar pada tahap operasional konkret mampu mentransformasikan konsep-konsep astronomi yang abstrak menjadi pemahaman kognitif yang konkret, bermakna, dan menyenangkan.

Bagusnya sebuah produk atau media pembelajaran tidak hanya ditentukan melalui kelayakannya saja akan tetapi juga dengan kepraktisannya. Berikut hasil uji kepraktisan guru dan peserta didik.

Tabel 4. Uji Kepraktisan Guru dan Peserta didik

Scale	Mean	Benchmark
Attractiveness	2,74	Excellent
Perspicuity	2,51	Excellent
Efficiency	2,50	Excellent
Dependability	2,34	Excellent
Stimulation	2,82	Excellent
Novelty	2,76	Excellent

Evaluasi tingkat kepraktisan dari media edukasi digital Bumi dan Antariksa berbasis *Augmented Reality* (AR) diukur menggunakan instrumen *User Experience Questionnaire* (UEQ). Uji coba lapangan ini melibatkan 29 murid serta satu pendidik di kelas VI SD Negeri 1 Anturan. Analisis data memperlihatkan bahwa seluruh rentang indikator sukses menembus kriteria *Excellent*. Capaian tertinggi diraih oleh aspek stimulasi (2,82), disusul indikator kebaruan (2,76), daya tarik (2,74), kejelasan (2,51), efisiensi (2,50), dan keandalan (2,34). Dominasi predikat sangat memuaskan ini menegaskan bahwa produk media yang dikembangkan terbukti fungsional, aplikatif, dan relevan untuk menunjang kegiatan instruksional IPAS di jenjang sekolah dasar (Pratama & Adiwijaya, 2026).



Gambar 1. Benchmark UEQ

Dalam penerapannya, keenam dimensi UEQ tersebut beroperasi secara sinergis untuk membangun pengalaman pengguna (*user experience*) yang utuh. Tampilan visual 3D serta antarmuka yang penuh warna secara instan memikat atensi peserta didik, yang terefleksi pada tingginya poin daya tarik (*attractiveness*). Ketertarikan awal ini ditopang oleh kejelasan petunjuk aplikasi (*perspicuity*), sehingga peserta didik dapat mencerna instruksi pemindaian *marker* maupun tahapan pendekatan saintifik tanpa kebingungan. Pemahaman operasional yang baik ini berbanding lurus dengan tingginya efisiensi (*efficiency*); peserta didik sanggup mengeksekusi simulasi perputaran Bumi dan fenomena gerhana secara cepat dan bebas hambatan (Muttaqin & Suarni, 2021). Kontrol penuh saat mengoperasikan media pada akhirnya memicu dorongan belajar yang kuat pada aspek stimulasi (*stimulation*), serta menghadirkan pengalaman

belajar yang segar dan inovatif pada dimensi kebaruan (*novelty*). Temuan tingginya aspek stimulasi dan kebaruan ini memperkuat kajian terdahulu yang menegaskan bahwa pengintegrasian objek 3D interaktif berbasis AR efektif membangkitkan antusiasme belajar peserta didik pada materi sains yang bersifat abstrak (Pabri et al., 2022). Integrasi antar-dimensi ini membuktikan bahwa pengadopsian teknologi AR mampu memfasilitasi transformasi konsep-konsep astronomi menjadi proses pembelajaran yang nyata, efisien, dan menyenangkan.

Temuan bahwa seluruh aspek UEQ berada pada kategori Excellent memberikan kontribusi penting bagi pengembangan literature mengenai penerapan Augmented Reality dalam pembelajaran sains sekolah dasar. Hal ini sejalan dengan kajian sistematis terbaru yang menegaskan bahwa AR sangat relevan dengan semangat Kurikulum Merdeka karena mampu memvisualisasikan fenomena makroskopis seperti pergerakan benda langit secara konkret bagi peserta didik sekolah dasar (Wedari, 2026). Secara teoretis, hasil ini memperkuat validitas Cognitive Theory of Multimedia Learning dalam konteks pembelajaran berbasis marker offline, sejalan dengan temuan bahwa integrasi AR dan *concept mapping* secara empiris meningkatkan efektivitas belajar sains inkuiri di sekolah dasar (Huang et al., 2025), serta studi kuasi-eksperimen terbaru yang menunjukkan model blended learning berbasis AR dengan siklus belajar 5E secara signifikan mendukung keterlibatan kognitif peserta didik kelas V (Yang et al., 2026). Studi lain juga membuktikan bahwa pengembangan materi ajar berbantuan AR pada sains sekolah dasar terbukti layak, praktis, dan efektif meningkatkan hasil belajar melalui uji-t yang signifikan (Lestari & Setyasto, 2025).

Secara praktis, keberhasilan media ini pada seluruh dimensi kepraktisan sejalan dengan evaluasi UEQ pada aplikasi AR berbasis marker di Bali, yang juga menunjukkan penilaian positif tertinggi pada dimensi daya tarik, stimulasi, dan kebaruan (Suardika et al., 2026). Pola ini berbeda dari sejumlah aplikasi AR berbasis marker lain yang justru memperoleh skor "*below average*" pada dimensi kejelasan, efisiensi, ketepatan, dan stimulasi, sehingga menegaskan keunggulan relatif produk yang dikembangkan dalam penelitian ini, khususnya pada aspek yang paling menentukan keberterimaan pengguna sekolah dasar. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan yang membuka peluang bagi penelitian lanjutan. Pertama, uji kepraktisan hanya dilaksanakan pada satu sekolah dengan jumlah subjek terbatas (29 peserta didik dan satu guru), sehingga generalisasi temuan perlu dilakukan secara hati-hati. Kedua, evaluasi produk berhenti pada tahap validitas dan kepraktisan tanpa mengukur efektivitas terhadap hasil belajar kognitif secara kuantitatif melalui desain N-Gain, sebagaimana telah dilakukan pada penelitian AR IPA SD sejenis yang mencatat peningkatan hasil belajar pada kategori efektif. Ketiga, karakteristik luring media ini sejalan dengan kebutuhan sekolah pada wilayah dengan infrastruktur terbatas, sebagaimana ditegaskan pada studi inovasi WebAR yang terbukti efektif dan terjangkau untuk diterapkan di sekolah dengan keterbatasan infrastruktur (Tarigan, 2025).

Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian selanjutnya disarankan untuk: (1) memperluas subjek uji coba pada beberapa sekolah dengan karakteristik geografis dan fasilitas teknologi yang beragam; (2) melakukan uji efektivitas melalui desain eksperimen (pretest-posttest dengan N-Gain) untuk mengukur dampak media AR terhadap pemahaman konsep astronomi peserta didik secara kuantitatif; serta (3) mengeksplorasi bentuk interaktivitas AR luring lain yang lebih variatif guna memperkuat aspek kebaruan dan menjangkau sekolah dengan keterbatasan konektivitas internet.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menjawab kesenjangan yang diidentifikasi sejak Pendahuluan, yaitu minimnya media digital interaktif yang mampu memadukan visualisasi konkret dengan pendekatan saintifik pada materi Bumi dan Antariksa kelas VI, melalui pengembangan aplikasi Augmented Reality luring berbasis marker dengan model ADDIE, yang terbukti pada tahap Hasil dan Pembahasan melalui tingkat kevalidan materi (92%) dan media (88,75%) berkategori "Layak" serta hasil uji kepraktisan UEQ yang seluruhnya mencapai kategori Excellent, dengan capaian tertinggi pada aspek stimulasi (2,82) dan kebaruan (2,76), sehingga menegaskan bahwa integrasi objek 3D interaktif ke dalam tahapan pendekatan saintifik efektif mentransformasikan konsep abstrak astronomi menjadi pengalaman belajar yang konkret, bermakna, dan menyenangkan sekaligus relevan bagi sekolah dengan keterbatasan infrastruktur digital karena sifatnya yang luring; penelitian ini turut memberi kontribusi pada pemetaan integrasi AR dengan pendekatan saintifik yang masih jarang diteliti pada materi Bumi dan Antariksa, namun karena evaluasi baru berhenti pada tahap validitas dan kepraktisan tanpa mengukur efektivitas kognitif secara kuantitatif, penelitian selanjutnya disarankan memperluas subjek uji coba pada sekolah dengan karakteristik geografis yang lebih beragam, menerapkan desain eksperimen berbasis N-Gain untuk mengukur dampak terhadap pemahaman konsep astronomi secara terukur, serta mengeksplorasi variasi interaktivitas AR luring lain guna memperluas jangkauan pada sekolah dengan keterbatasan konektivitas internet.

REFERENSI

- Alvico, A., Kurniawan, D., Meiriza, A., Syahbani, M. H., & Firnando, R. (2025). Pengembangan Game Android Pada Anak Menggunakan Pendekatan User Centered Design Dan Evaluasi Usability Think Aloud. *The Indonesian Journal of Computer Science*, 14(3).
- Amin, S., Sari, D. I., & Liesdiani, M. (2022). Pengembangan media pembelajaran berbasis website menggunakan pendekatan problem-solving pada materi SPLTV Kelas X. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(2), 1962–1977.
- Anggraini, D. P., Sauri, S., & Khalid, S. M. (2026). Analisis Penerapan Prinsip Multimedia Mayer dalam Video Pembelajaran Bahasa Arab di Channel YouTube Learn Arabic with Asmae. *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 6(1), 14–27.
- Annisa, N., Iskandar, S., & Nuraeni, F. (2024). Penerapan Pendekatan Saintifik Berbantuan Assemblr Edu dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep IPA pada Materi Fotosintesis Siswa Sekolah Dasar. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 9(3), 846–857.
- Fichan, A. M. I., Praherdhiono, H., & Prihatmoko, Y. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality Mata Pelajaran IPA Sistem Tata Surya. *JKTP: Jurnal Kajian Teknologi Pendidikan*, 6(4), 252–261.
- Huang, H.-M., Tai, W.-S., Huang, T.-C., & Lo, C.-Y. (2025). Optimizing inquiry-based science education: verifying the learning effectiveness of augmented reality and concept mapping in elementary school. *Universal Access in the Information Society*, 24(1), 681–694. <https://doi.org/10.1007/s10209-024-01098-y>
- Kemendikbud, R. (2022). Buku Saku Tanya Jawab Kurikulum Merdeka. *Jakarta: Kementrian Pendidikan Dan Kebudayaan*.

- Lestari, L. W., & Setyasto, N. (2025). *Development of E-Learning Materials Assisted by Augmented Reality in the Science Subject of Changing Energy Forms to Improve Learning Outcomes of Elementary School Students*. 11(3), 385–396. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i3.10420>
- Mardikaningsih, R., Marsya, D. R. F., Maulidia, S. L., Faradillah, E., & Sukowati, I. T. (2026). Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi untuk Memperkuat Proses Pembelajaran yang Berkualitas. *IHSAN: Jurnal Pendidikan Islam*, 4(3), 548–568.
- Muttaqin, H. P. S., & Suarni, N. K. (2021). Pengembangan media pembelajaran interaktif berbasis android pada mata pelajaran IPA pokok bahasan perkembangbiakan hewan untuk siswa kelas VI SD. *Jurnal Teknologi Pembelajaran Indonesia*, 11(1), 1–15.
- Pabri, M., Medriati, R., & Risdianto, E. (2022). Uji kelayakan E-LKPD berbasis kontekstual berbantuan liveworksheet untuk melatih kemampuan berpikir kritis di SMA. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(3), 637–651.
- Prabowo, E., & Wakhudin, W. (2024). Pengembangan media augmenteded reality (AR) untuk meningkatkan motivasi belajar siswa pada mata pelajaran IPAS kelas 4 SD Negeri 3 Linggasari. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)*, 4(2), 591–604.
- Pratama, I. P. A. K., & Adiwijaya, P. A. (2026). ANALISIS KEBUTUHAN MEDIA PEMBELAJARAN IPAS BERBASIS AUGMENTED REALITY PADA SISWA KELAS V. *Wahana Chitta Jurnal Pendidikan*, 8(1), 70–77.
- Putri, G. A., Maulana, I., & Nurmadani, K. (2025). Analisis permasalahan Rendahnya Keaktifan Belajar Peserta Didik pada Mata Pelajaran IPAS Kelas V SDN 198/I Pasar Baru. *Jurnal Tunas Pendidikan*, 7(2), 556–562.
- Ramli, Z. J., Sukitman, T., & Zainuddin, Z. (2025). IMPLEMENTASI MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS WEBSITE 3D ASSEMBLR EDU PADA MATERI TATA SURYA MATA PELAJARAN IPAS KELAS 6 DI SDN BUNDER 2. *Consilium: Education and Counseling Journal*, 5(1), 699–709.
- Rosyidah, N. I., & Andarwati, M. (2026). Evaluasi Usability Penggunaan Aplikasi GoPay dan DANA Menggunakan Heuristik Evaluation. *Jurnal Komputer Teknologi Informasi Sistem Komputer (JUKTISI)*, 4(3), 1840–1849.
- Saputra, B. B., Suhartini, E., Mustamiroh, M., & Muhlis, M. (2025). Media pembelajaran stem berbasis augmented reality dengan boardbook pada materi ipas. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 13(Special_issue), 295–305.
- Sholicha, A. P., & Ratnaningrum, I. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality Berbasis Assemblr Edu untuk Meningkatkan Hasil Belajar IPAS Siswa Sekolah Dasar. *Nusantara: Jurnal Pendidikan Indonesia*, 5(3), 719–732.
- Suardika, I. M. D., Witari, M. R., & Sasmita, N. M. A. (2026). Evaluating the Usability and User Experience of an Augmented Reality Application for Kaba-Kaba Tourism Village, Tabanan, Bali Using SUS and UEQ. *Journal of Computer Science and Informatics Engineering*, 5(3), 296–312.
- Suksma, C. W., Margunayasa, I. G., & Werang, B. R. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Digital Augmented Reality Berbasis Android Pada Materi Sistem Tata Surya Untuk Siswa Kelas VI Sekolah Dasar. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(3), 4261–4275.
- Tarigan, R. B. (2025). Pemanfaatan Augmented Reality (AR) dalam Pembelajaran IPA untuk Menumbuhkan Pemahaman Konsep Sistem Tata Surya di Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Mahasiswa Dan Akademisi*, 1(1), 1–12.

- Wedari, B. G. (2026). *Augmented Reality in Elementary Science Education : A Systematic Review of Inquiry - Based Learning , Challenges , and Opportunities*. 5(2). <https://doi.org/10.61436/pedrev>
- Wibowo, V. R., Putri, K. E., & Mukmin, B. A. (2022). Pengembangan media pembelajaran berbasis augmented reality pada materi penggolongan hewan kelas V sekolah dasar. *PTK: Jurnal Tindakan Kelas*, 3(1), 58–69.
- Yang, Q.-F., Xiao, Y., Lin, Y.-T., & Zhao, J.-H. (2026). Investigating the Effects of the AR System in Blended Learning Mode Through the 5E Learning Cycle on Elementary School Students' Science Learning Effects. *Journal of Computer Assisted Learning*, 42(2), e70229. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jcal.70229>
- Zahra, R. H., Wahyudin, W., & Prasetyo, Y. (2026). Implementasi Digital Instructional Media Berbasis Discovery Learning untuk Meningkatkan Logical Thinking Siswa. *Computing and Education Technology Journal*, 6(1), 13–20.