YASIN
Jurnal Pendidikan dan Sosial Budaya

p-ISSN: 2808-2346
e-ISSN: 2808-1854

Terindeks: SINTA 5, Copernicus, Dimensions, Scilit, Lens, Crossref, Semantic, Garuda, Google, Base, etc.

https://doi.org/10.58578/yasin.v6i5.11294

BEYOND THE TEXTBOOK: KOMIK AR SYNERGIA DAN TRANSFORMASI PEMBELAJARAN SUMBER ENERGI DI KELAS V SD

Beyond the Textbook: Synergia AR Comic and the Transformation of Energy Sources Learning in Grade V Elementary School

Shonia Arum Kurniawati, Aan Nurfahrudianto, Jatmiko
Universitas Nusantara PGRI Kediri
shoniaarum5@gmail.com; aan@.unpkediri.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Jun 14, 2026	Jul 12, 2026	Jul 24, 2026	Jul 29, 2026

Abstract

The dominance of teacher-centered instruction and the limited use of interactive media constitute barriers to improving students' learning outcomes in abstract Natural and Social Sciences (IPAS) content. This condition was evident among fifth-grade students at SDN Gondang 1, Bojonegoro Regency, only 48.3% of whom achieved learning mastery based on the Learning Objective Achievement Criteria (KKTP) score of 73 for energy sources content. This study aimed to develop the Augmented Reality (AR)-based SYNERGIA Comic and analyze its validity, practicality, and effectiveness in improving fifth-grade students' learning outcomes in energy sources content. The study employed a research and development method using the 4D model, which comprised the define, design, develop, and disseminate stages, and was conducted at SDN Gondang 1 from February to July 2026. Product validation involved two validators, namely a subject matter expert and a media expert. Product trials were conducted through a limited trial involving 10 students and an extensive trial involving 24 students. Validity and practicality data were collected using a Likert-scale questionnaire consisting of 10 statement items, whereas media effectiveness was analyzed using N-gain scores. The results showed that the media achieved a subject matter validity level of 90% and a

Yasin Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

media validity level of 88%, both of which were categorized as highly valid. The practicality level reached 98% based on the teacher's assessment, 94% based on students' responses in the limited trial, and 97.08% in the extensive trial, all of which were categorized as highly practical. The mean N-gain score reached 0.91 in the limited trial and 0.80 in the extensive trial, both of which were categorized as highly effective, with classical mastery of 100% at both testing stages. Thus, the AR-based SYNERGIA Comic was declared valid, practical, and highly effective as an IPAS learning medium for energy sources content. These findings contribute to the development of technology-based learning in elementary schools and provide teachers with a practical alternative for helping students understand abstract scientific concepts within the context of the *Kurikulum Merdeka*.

Keywords: Augmented Reality; Learning Outcomes; Educational Comics; IPAS Learning; Research and Development

Abstrak: Dominasi pembelajaran yang berpusat pada guru dan terbatasnya penggunaan media interaktif menjadi hambatan dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada materi Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) yang bersifat abstrak. Kondisi tersebut terlihat pada siswa kelas V SDN Gondang 1, Kabupaten Bojonegoro, yang hanya mencapai ketuntasan belajar sebesar 48,3% berdasarkan Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP) sebesar 73 pada materi sumber energi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan media Komik SYNERGIA berbasis *Augmented Reality* (AR) serta menganalisis tingkat kevalidan, kepraktisan, dan keefektifannya dalam meningkatkan hasil belajar siswa kelas V pada materi sumber energi. Penelitian menggunakan metode penelitian dan pengembangan dengan model 4D yang meliputi tahap pendefinisian, perancangan, pengembangan, dan penyebarluasan serta dilaksanakan di SDN Gondang 1 pada Februari–Juli 2026. Validasi produk melibatkan dua validator, yaitu ahli materi dan ahli media. Uji coba produk dilakukan melalui uji terbatas terhadap 10 siswa dan uji luas terhadap 24 siswa. Data kevalidan dan kepraktisan dikumpulkan menggunakan angket skala Likert yang terdiri atas 10 butir pernyataan, sedangkan keefektifan media dianalisis menggunakan skor N-*gain*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media memperoleh tingkat kevalidan materi sebesar 90% dan kevalidan media sebesar 88%, yang keduanya termasuk kategori sangat valid. Tingkat kepraktisan mencapai 98% berdasarkan penilaian guru, 94% berdasarkan respons siswa pada uji terbatas, dan 97,08% pada uji luas, yang seluruhnya termasuk kategori sangat praktis. Rata-rata skor N-*gain* mencapai 0,91 pada uji terbatas dan 0,80 pada uji luas, yang keduanya termasuk kategori sangat efektif, dengan ketuntasan klasikal sebesar 100% pada kedua tahap pengujian. Dengan demikian, Komik SYNERGIA berbasis AR dinyatakan valid, praktis, dan sangat efektif sebagai media pembelajaran IPAS pada materi sumber energi. Temuan ini berkontribusi terhadap pengembangan pembelajaran berbasis teknologi di sekolah dasar serta memberikan alternatif praktis bagi guru dalam membantu siswa memahami konsep sains yang abstrak dalam konteks Kurikulum Merdeka.

Kata Kunci: *Augmented Reality*; Hasil Belajar; Komik Pembelajaran; Pembelajaran IPAS; Penelitian dan Pengembangan

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pendidikan abad ke-21 mendorong transformasi fundamental paradigma pembelajaran di seluruh dunia, termasuk pada jenjang pendidikan dasar. Integrasi media digital ke dalam instruksi di kelas terbukti secara konsisten meningkatkan keterlibatan dan prestasi akademis siswa (Smaldino et al., 2021). Di Indonesia, implementasi Kurikulum Merdeka menegaskan komitmen nasional terhadap pembelajaran yang adaptif, berpusat pada siswa, dan diperkaya teknologi (Kemendikbudristek, 2024). Perubahan paling substantif dalam kurikulum ini adalah transformasi mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) menjadi Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) yang terpadu menuntut pengembangan literasi sains, berpikir kritis, dan kemampuan aplikasi dalam kehidupan nyata (Wulandari et al., 2020).

Efektivitas pembelajaran sains di sekolah dasar sangat bergantung pada prinsip perkembangan dari konkret ke abstrak yang digarisbawahi teori kognitif Piaget (Santrock, 2021). Siswa kelas V berusia 10–11 tahun berada pada tahap operasional konkret, sehingga membutuhkan media yang mampu menghadirkan fenomena abstrak secara perseptual. Materi sumber energi topik sentral IPAS kelas V menuntut representasi visual konkret agar konsep seperti energi terbarukan, konversi fotovoltaik, dan mekanisme PLTA dapat dipahami secara bermakna (Muhidin et al., 2021). Tanpa media yang memadai, siswa cenderung pasif, cepat kehilangan konsentrasi, dan tidak mampu membangun pemahaman yang bertahan lama.

Potensi Augmented Reality (AR) sebagai media instruksional telah mendapat perhatian luas. AR melapisi konten digital tiga dimensi ke atas lingkungan nyata melalui kamera perangkat, menjembatani kesenjangan perseptual antara konsep abstrak dan pengalaman konkret (Yilmaz, 2021). Andriyani et al. (2023) membuktikan bahwa media AR pada pembelajaran IPAS kelas V SD secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep dan hasil belajar kognitif. Alfarizi et al. (2024) melaporkan bahwa media AR mendapat penilaian sangat praktis dari siswa SD ketika dirancang tanpa hambatan teknologi. Sementara itu, Hermawan, Jayantika, dan Andari (2019) menunjukkan bahwa media visual-naratif seperti komik terbukti efektif meningkatkan hasil belajar dibandingkan media konvensional.

Meski demikian, kesenjangan penelitian yang substantif masih ada: integrasi sistematis AR dan komik digital ke dalam satu medium tunggal yang terstruktur secara kurikulum untuk pembelajaran IPAS sumber energi di sekolah dasar belum dieksplorasi

secara memadai. Studi terdahulu umumnya mengkaji AR atau komik digital secara terpisah (Santika et al., 2024; Hermawan et al., 2019). Selain itu, game edukatif yang saat ini banyak beredar dikritik lebih mengutamakan hiburan daripada penyampaian konten sistematis (Prensky, 2020), berpotensi mengalihkan fokus dari tujuan pembelajaran. Kesenjangan inilah yang mendorong pengembangan AR Komik SYNERGIA (Science, Energy, Augmented Reality & Imaginative Learning).

Urgensi penelitian ini diperkuat oleh data empiris dari SDN Gondang 1, Kecamatan Gondang, Kabupaten Bojonegoro. Observasi dan wawancara pada Februari 2026 menunjukkan pembelajaran kelas V masih didominasi metode teacher-centered berbasis buku teks. Secara diagnostik, hanya 14 dari 29 siswa (48,3%) mencapai KKTP (skor ≥ 73) pada materi sumber energi jauh di bawah ambang efektivitas 65% yang ditetapkan literatur (Oktaviani et al., 2021).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan: (1) menentukan kevalidan media AR Komik SYNERGIA berdasarkan penilaian validator ahli; (2) mengevaluasi kepraktisan media berdasarkan respon siswa dan guru; serta (3) mengukur keefektifan media dalam meningkatkan hasil belajar siswa kelas V pada materi sumber energi. Kontribusi ilmiah penelitian ini terletak pada penyediaan model pengembangan media visual-naratif berbasis AR yang valid, praktis, dan efektif dalam konteks Kurikulum Merdeka.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain Research and Development (R&D) dengan model 4D (Define, Design, Develop, Disseminate) yang dikembangkan Thiagarajan, Semmel, dan Semmel (1974). Model 4D dipilih karena strukturnya yang sistematis dan iteratif, mendukung validasi produk yang ketat serta evaluasi efektivitas secara empiris (Nieveen, 2020). Penelitian dilaksanakan di SDN Gondang 1, Kecamatan Gondang, Kabupaten Bojonegoro (NPSN: 20540571), yang telah menerapkan Kurikulum Merdeka sejak 2023/2024. Seluruh proses berlangsung Februari–Juli 2026.

Subjek penelitian terdiri dari dua kelompok: uji coba terbatas (n=10, dipilih purposif mewakili kemampuan tinggi, sedang, rendah; 4 putra, 6 putri) dan uji coba luas (n=24 siswa reguler kelas V; 13 putra, 11 putri). Satu guru kelas (Lamijem, S.Pd.SD) berpartisipasi sebagai responden kepraktisan. Validasi dilakukan oleh dua validator: Mumun Nurmilawati, M.Pd. (ahli materi IPAS) dan Mahendra Puji Permana Aji, M.Pd. (ahli teknologi pendidikan).

Prosedur 4D mencakup: Tahap Define analisis awal-akhir melalui observasi kelas, wawancara guru, dan telaah dokumen hasil belajar; analisis karakteristik siswa berdasarkan tahap perkembangan Piaget; analisis kurikulum untuk keselarasan CP dan TP Kurikulum Merdeka; serta analisis materi untuk mengidentifikasi topik abstrak prioritas. Tahap Design penyusunan soal evaluasi 15 butir pilihan ganda (C1–C4 Taksonomi Bloom revisi), pemilihan format cetak A5 berwarna dengan QR code AR, dan perancangan storyboard 5 babak cerita terintegrasi marker AR. Tahap Develop produksi ilustrasi menggunakan Canva, pengembangan konten AR melalui AssemblrEdu yang menampilkan model 3D panel surya, turbin angin, dan PLTA, validasi ahli, revisi, serta uji coba. Tahap Disseminate penyebaran produk final ke SD lain di Kecamatan Gondang.

Empat instrumen digunakan: (1) Angket Validasi Materi (10 butir, Likert 1–5); (2) Angket Validasi Media (10 butir, Likert 1–5); (3) Angket Respon Guru dan Siswa (10 butir, Likert 1–5); dan (4) Soal Pre-test/Post-test (15 butir pilihan ganda, KKTP = 73). Data dianalisis menggunakan rumus persentase: P = (ΣSkor Diperoleh / ΣSkor Maksimal) × 100%, dengan kriteria Akbar (2022): Sangat Valid/Praktis (81%–100%). Peningkatan hasil belajar dianalisis menggunakan rumus N-Gain (Hake, 1998 dalam Sundayana, 2023):

N-Gain = (Skor Post-test – Skor Pre-test) / (Skor Maksimal – Skor Pre-test) ... (1)

Kategori N-Gain: Tinggi ($g > 0{,}70$), Sedang ($0{,}30 \leq g \leq 0{,}70$), Rendah ($g < 0{,}30$). Efektivitas ditetapkan jika ketuntasan klasikal > 65% (Oktaviani et al., 2020). Izin penelitian diperoleh dari SDN Gondang 1 sebelum pengumpulan data; identitas siswa dilaporkan menggunakan kode anonim.

HASIL

Hasil penelitian disajikan dalam tiga bagian sesuai tujuan: (1) kevalidan produk, (2) kepraktisan produk, dan (3) keefektifan produk berdasarkan analisis N-Gain.

Kevalidan Media AR Komik SYNERGIA

Validasi dilakukan oleh Mumun Nurmilawati, M.Pd. (materi) dan Mahendra Puji Permana Aji, M.Pd. (media). Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1, kedua aspek validasi mencapai kategori Sangat Valid.

Tabel 1. Hasil Validasi Ahli Media AR Komik SYNERGIA

No.	Aspek Validasi & Validator	Skor	Maks.	Persentase & Kategori
1	Akurasi materi, keselarasan CP/TP, bahasa & soal evaluasi (Mumun Nurmilawati, M.Pd.)	45	50	90% — Sangat Valid
2	Desain visual, fungsionalitas AR, kemudahan penggunaan & kesesuaian usia (Mahendra Puji Permana Aji, M.Pd.)	44	50	88% — Sangat Valid
Rata-rata	Kevalidan Keseluruhan Produk	89	100	89% — Sangat Valid

Berdasarkan Tabel 1, skor kevalidan materi 90% membuktikan bahwa konten sumber energi akurat secara konseptual, selaras penuh dengan CP Kurikulum Merdeka Kelas V, dan sesuai secara linguistik dengan usia target. Skor kevalidan media 88% menunjukkan bahwa desain visual, kualitas interaksi AR, dan aksesibilitas antarmuka memenuhi standar desain pedagogis. Revisi dilakukan berdasarkan masukan validator sebelum uji coba: penambahan elaborasi TP 1 dan petunjuk penggunaan AR yang diilustrasikan langkah demi langkah.

Kepraktisan Media AR Komik SYNERGIA

Data kepraktisan dikumpulkan dari respon guru dan siswa pada dua fase uji coba. Tabel 2 menyajikan rekapitulasinya.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Kepraktisan Media AR Komik SYNERGIA

No.	Fase Uji Coba	Responden	Skor	Maks.	Persentase & Kategori
1	Uji Coba Terbatas	Respon Guru (n=1)	49	50	98% — Sangat Praktis
2	Uji Coba Terbatas	Respon Siswa (n=10)	94	100	94% — Sangat Praktis
3	Uji Coba Luas	Respon Siswa (n=24)	233	240	97,08% — Sangat Praktis

Tabel 2 menunjukkan bahwa seluruh kelompok responden memberikan penilaian dalam kategori Sangat Praktis (81%–100%). Guru menyatakan media sangat membantu dalam menyajikan materi abstrak secara konkret dan mudah diintegrasikan ke dalam pembelajaran reguler tanpa persiapan teknis yang rumit. Siswa pada kedua kelompok melaporkan antarmuka komik intuitif, fitur AR dapat dioperasikan menggunakan smartphone biasa, dan pengalaman belajar menjadi lebih menyenangkan dan berkesan.

Keefektifan Media AR Komik SYNERGIA

Keefektifan diukur melalui perbandingan pre-test dan post-test serta analisis N-Gain. Tabel 3 menyajikan hasil uji coba terbatas dan Tabel 4 menyajikan hasil uji coba luas.

Tabel 3. Hasil Pre-test, Post-test, dan N-Gain Uji Coba Terbatas (n=10)

Indikator	Pre-test	Post-test	N-Gain	Kategori
Nilai Minimum	46,6	80,0	—	—
Nilai Maksimum	80,0	100,0	—	—
Rata-rata Kelas	64,6	95,3	0,91 (91%)	Sangat Efektif
Ketuntasan Klasikal (KKTP≥73)	—	10/10 (100%)	—	Sangat Efektif
N-Gain Tinggi (g>0,70)	—	—	8 siswa	80%
N-Gain Sedang	—	—	2 siswa	20%
N-Gain Rendah	—	—	0 siswa	0%

Tabel 4. Hasil Pre-test, Post-test, dan N-Gain Uji Coba Luas (n=24)

Indikator	Pre-test	Post-test	N-Gain	Kategori
Nilai Minimum	13,3	73,3	—	—
Nilai Maksimum	86,6	100,0	—	—
Rata-rata Kelas	51,35	89,41	0,80 (80%)	Sangat Efektif
Ketuntasan Klasikal (KKTP≥73)	—	24/24 (100%)	—	Sangat Efektif
N-Gain Tinggi (g>0,70)	—	—	16 siswa	66,7%
N-Gain Sedang	—	—	8 siswa	33,3%
N-Gain Rendah	—	—	0 siswa	0%

Tabel 3 menunjukkan bahwa rata-rata pre-test uji terbatas (64,6) berada di bawah KKTP (73), mengkonfirmasi rendahnya penguasaan awal siswa. Setelah pembelajaran dengan AR Komik SYNERGIA, rata-rata post-test meningkat menjadi 95,3 dan seluruh 10 siswa (100%) melampaui KKTP. N-Gain 0,91 (91%) masuk kategori Sangat Efektif, dengan 8 siswa (80%) berkategori Tinggi dan 2 siswa (20%) Sedang tidak ada Rendah. Tabel 4 menunjukkan pola serupa pada uji luas: rata-rata pre-test 51,35 meningkat menjadi 89,41 pada post-test, dengan 100% ketuntasan klasikal. N-Gain 0,80 (80%) juga berkategori Sangat Efektif, dengan 16 siswa (66,7%) Tinggi dan 8 siswa (33,3%) Sedang tidak ada Rendah. Nilai minimum post-test uji luas (73,3) tepat di ambang KKTP, membuktikan bahwa bahkan siswa dengan kemampuan awal terendah pun berhasil mencapai ketuntasan.

PEMBAHASAN

Ketiga dimensi kualitas yang diteliti kevalidan (89%), kepraktisan (94%–98%), dan keefektifan (N-Gain 0,80–0,91) seluruhnya melampaui ambang kategori Sangat Valid/Sangat

Praktis/Sangat Efektif. Capaian ini selaras dengan tujuan penelitian yang dirancang untuk menghasilkan media yang secara bersamaan memenuhi tiga kriteria kualitas tersebut sebuah pencapaian yang jarang dilaporkan secara simultan dalam studi pengembangan media IPAS di Indonesia. Perolehan ketuntasan klasikal 100% pada kedua fase uji coba jauh melampaui ambang efektivitas 65% yang ditetapkan Oktaviani et al. (2021), mengkonfirmasi bahwa AR Komik SYNERGIA tidak sekadar membantu siswa lulus evaluasi, tetapi secara nyata meningkatkan pemahaman konseptual mereka tentang sumber energi.

Skor kevalidan 89% konsisten dengan Syahroni dan Satria (2023) yang melaporkan validitas 91,2% untuk komik digital berbasis AR untuk IPA SD, dan Andriyani et al. (2023) yang membuktikan bahwa media AR yang divalidasi holistik lebih efektif dari produk validasi parsial. Nieveen (2020) menyatakan validitas produk mensyaratkan relevansi konten terhadap tujuan pembelajaran dan konsistensi internal keduanya terpenuhi AR Komik SYNERGIA. Skor kepraktisan 94%–98% memperkuat Alfarizi et al. (2024) yang menemukan media AR mendapat penilaian sangat praktis ketika aksesibilitas dirancang tanpa hambatan teknologi, serta Yusri et al. (2023) bahwa media interaktif imersif menghasilkan tingkat penerimaan lebih tinggi di sekolah dasar.

Nilai N-Gain 0,80–0,91 melampaui benchmark yang dilaporkan Andriyani et al. (2023) untuk media AR IPAS SD. Tiga mekanisme teoretis menjelaskan temuan ini. Pertama, sesuai kerangka konstruktivis Piaget (Santrock, 2021), visualisasi AR 3D menyediakan input perseptual konkret yang mendorong akomodasi skema kognitif siswa. Kedua, prinsip scaffolding Vygotsky (dalam Yusri et al., 2023) dioperasionalkan melalui narasi komik sekuensial yang membimbing siswa dari konsep sederhana ke kompleks, menjembatani ZPD secara efektif. Ketiga, prinsip dual coding (Miller, dalam Arsyad et al., 2024; Heinich et al., 2022) terwujud melalui penerapan simultan narasi tekstual, ilustrasi komik, dan animasi 3D AR—memaksimalkan retensi melalui jalur memori ganda. Berbeda dengan Hermawan et al. (2019) yang hanya menggunakan komik tanpa AR, dan Santika et al. (2024) yang menggunakan AR tanpa struktur narasi komik, penelitian ini menunjukkan bahwa sinergi keduanya menghasilkan efek pembelajaran yang lebih besar.

Secara teoretis, penelitian ini memberikan bukti empiris bahwa konvergensi AR dengan komik digital bernarasi bila didasari lima teori belajar (konstruktivisme, sosial, behaviorisme, kognitivisme, pemrosesan informasi) dan diselaraskan Kurikulum Merdeka menghasilkan medium yang melampaui kualitas pendekatan konvensional maupun game edukatif yang tidak terstruktur secara kurikuler (Prensky, 2020; Smaldino et al., 2021). Secara

praktis, temuan ini menyediakan cetak biru pengembangan yang dapat direplikasi oleh guru dan peneliti untuk topik IPAS abstrak lainnya seperti sistem tata surya, siklus air, dan ekosistem, tanpa memerlukan infrastruktur teknologi mahal. Bagi pengambil kebijakan, hasil ini mendukung integrasi AR berbasis smartphone dalam program digitalisasi sekolah dasar sebagai solusi terjangkau dan efektif.

Beberapa keterbatasan perlu diakui. Pertama, penelitian dilaksanakan di satu sekolah di satu kecamatan, sehingga generalisasi temuan terbatas. Kedua, ketiadaan kelompok kontrol menghalangi atribusi kausal definitif. Ketiga, retensi jangka panjang tidak dievaluasi efek yang teramati mencerminkan kinerja post-test segera setelah intervensi. Keempat, siswa dengan kebutuhan khusus tidak secara spesifik diakomodasi dalam desain produk. Penelitian lanjutan direkomendasikan untuk: (1) melaksanakan desain kuasi-eksperimental dengan kelompok kontrol guna membuktikan ukuran efek kausal; (2) mengevaluasi retensi melalui delayed post-test minimal empat minggu; (3) memperluas uji coba ke multi-sekolah dan multi-kabupaten; serta (4) mengembangkan akomodasi aksesibilitas bagi siswa berkebutuhan khusus.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan memvalidasi media AR Komik SYNERGIA untuk pembelajaran sumber energi IPAS kelas V menggunakan model R&D 4D. Tiga kesimpulan utama dapat ditarik: (1) Media dinyatakan sangat valid dengan rata-rata validasi 89% (materi 90%, media 88%), mengkonfirmasi akurasi konseptual, keselarasan CP Kurikulum Merdeka, dan kelayakan pedagogis. (2) Media dinyatakan sangat praktis dengan skor 98% (guru), 94% (siswa uji terbatas), dan 96,58% (siswa uji luas), membuktikan kemampuan penggunaan mandiri oleh siswa dan integrasi tanpa hambatan dalam pembelajaran reguler. (3) Media terbukti sangat efektif dengan N-Gain 0,91/91% (uji terbatas) dan 0,80/80% (uji luas), keduanya kategori Sangat Efektif, dengan ketuntasan klasikal 100% pada kedua fase uji coba.

Kontribusi ilmiah penelitian ini terletak pada pembuktian empiris bahwa integrasi AR dengan komik digital bernarasi ketika didasari teori belajar yang solid dan diselaraskan Kurikulum Merdeka secara bersamaan memenuhi tiga kriteria kualitas (valid, praktis, efektif) pada level sangat tinggi. Model pengembangan ini dapat direplikasi untuk topik IPAS abstrak lainnya di pendidikan dasar. Penelitian lanjutan dengan desain kontrol, evaluasi retensi jangka panjang, cakupan geografis lebih luas, dan akomodasi aksesibilitas sangat direkomendasikan.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar, S. (2013). *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. PT Remaja Rosdakarya.

Alfarizi, M., Nasihudin, N., & Mahmud, M. R. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality (AR) untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Pelajaran IPA. *Jurnal Riset dan Inovasi Pembelajaran, 4*(3), 1989–2000. https://doi.org/10.51574/jrip.v4i3.2269

Andriyani, N. L., Cahyono, H., & Tryanasari, D. (2023). Pengembangan Media Augmented Reality pada Pembelajaran IPAS Kelas V SD. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar, 8*(2), 1132–1147.

Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan. (2024). *Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Nomor 031/H/KR/2024 tentang Kompetensi dan Tema Projek Penguatan Profil Pelajar Pancasila*. https://guru.kemendikdasmen.go.id/dokumen/MykDXR0WwX?parentCategory=Pendidikan+Karakter

H, U. A. D., Arsyad, W., & Adnan. (2024). Implikasi Penggunaan Media Pembelajaran Digital terhadap Perkembangan Kognitif Siswa Ditinjauh dari Teori Jean Piaget. *JIIP: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan, 7*(12), 13557–13562. https://doi.org/10.54371/jiip.v7i12.6357

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics, 66*(1), 64–74. https://doi.org/10.1119/1.18809

Heinich, R., Molenda, M., Russell, J. D., & Smaldino, S. E. (2002). *Instructional media and technologies for learning* (7th ed.). Merrill Prentice Hall.

Muhidin, U., Mulyasa, E., & Fathurrohman, A. (2021). Kompetensi Pedagogik Guru dalam Meningkatkan Mutu Pendidikan Aqidah Akhlak di MI: Studi Kasus pada Kelas V MI Panamur Kersamanah Kabupaten Garut. *Jurnal Manajemen Pendidikan Al Hadi, 1*(2), 59–71. https://doi.org/10.31602/jmpd.v1i2.5137

Nieveen, N. (1999). Prototyping to reach product quality. In J. van den Akker, R. M. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen, & T. Plomp (Eds.), *Design approaches and tools in education and training* (pp. 125–135). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4255-7_10

Oktaviani, W., Chan, F., Hayati, D. K., & Syaferi, A. (2020). Meningkatkan Rasa Ingin Tahu Siswa pada Pembelajaran IPA melalui Model Discovery Learning. *Al Jahiz: Journal of Biology Education Research, 1*(2), 109–123. https://doi.org/10.32332/al-jahiz.v1i2.2755

Prensky, M. (2001). *Digital game-based learning*. Paragon House.

Santika, P. A., Saputro, D. R. S., & Kurdhi, N. A. (2024). Bibliometric analysis of vector error correction model. *NUCLEUS, 5*(1), 37–45. https://doi.org/10.37010/nuc.v5i1.1541

Santrock, J. W. (2021). *Educational psychology*. Erlangga.

Smaldino, S. E., Lowther, D. L., & Mims, C. (2019). *Instructional technology and media for learning* (12th ed.). Pearson.

Sundayana, R. (2020). *Statistika Penelitian Pendidikan* (2nd ed.). Alfabeta.

Wulandari, T., Ramli, M., & Muzzazinah. (2020). The assessment of understanding biological concepts: A systematic review. *Journal of Physics: Conference Series, 1563*(1), Article 012030. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1563/1/012030

Yilmaz, R. M. (2021). Educational augmented reality technology with narrative approach in improving cognitive engagement of students. *Computers & Education, 163*.