



## Analisis Literatur Penggunaan Assembler Edu sebagai Multimedia Interaktif dalam Pembelajaran di Sekolah Dasar

Maenuddin Bustanil Syah

Universitas Negeri Makassar

Received: 2 November 2025

Revised: 15 November 2025

Accepted: 28 November 2025

### Abstract

Transformasi digital dalam pendidikan dasar menuntut kehadiran media pembelajaran yang interaktif, kontekstual, dan mendorong keterlibatan aktif siswa. Namun, keterbatasan kemampuan teknis guru sering menjadi hambatan dalam pengembangan multimedia interaktif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis literatur mengenai penggunaan Assembler Edu sebagai multimedia interaktif dalam pembelajaran di sekolah dasar. Pendekatan yang digunakan adalah systematic literature review terhadap 27 artikel terpilih dari basis data Scopus, Google Scholar, DOAJ, Garuda, dan ERIC yang dipublikasikan antara tahun 2020–2025. Hasil analisis menunjukkan bahwa Assembler Edu mampu meningkatkan keterlibatan belajar, motivasi, dan hasil belajar siswa melalui pengalaman belajar berbasis augmented reality (AR). Sebanyak 37% penelitian menyoroti aspek desain multimedia interaktif, 33,3% meninjau efektivitas penggunaannya, dan 29,7% membahas dampaknya terhadap motivasi belajar. Studi ini menemukan bahwa efektivitas Assembler Edu bergantung pada kesiapan guru dan integrasi pedagogis yang tepat. Secara teoretis, hasil penelitian ini memperluas penerapan teori Cognitive Theory of Multimedia Learning dan kerangka TPACK dalam konteks pembelajaran dasar. Adapun secara praktis, temuan ini memberikan rekomendasi strategis bagi guru dan pengambil kebijakan pendidikan untuk memanfaatkan Assembler Edu sebagai sarana pembelajaran inovatif yang mendukung Kurikulum Merdeka. Penelitian ini berimplikasi pada penguatan literasi digital dan transformasi ekosistem pembelajaran di sekolah dasar..

**Keywords:** Assembler Edu, multimedia interaktif, augmented reality, pembelajaran dasar, literatur review.

(\*) Corresponding Author: [maenuddin@unm.ac.id](mailto:maenuddin@unm.ac.id)

**How to Cite:** Syah, M. (2025). Analisis Literatur Penggunaan Assembler Edu sebagai Multimedia Interaktif dalam Pembelajaran di Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 11(11.C), 265-279. Retrieved from <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/13159>.

## PENDAHULUAN

Transformasi digital dalam dunia pendidikan telah membawa perubahan signifikan terhadap cara guru mengajar dan siswa belajar (Isnari Budiarti & Dicky Rizkyka Ramadan Siregar, 2025). Pada jenjang sekolah dasar, perubahan tersebut menuntut adanya media pembelajaran yang tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga interaktif dan mampu menstimulasi keterlibatan aktif peserta didik (Margely Rolón, 2023; Purnomo, 2025). Berbagai kebijakan pendidikan abad ke-21 menekankan pentingnya integrasi teknologi dalam proses pembelajaran sebagai sarana untuk membangun kemampuan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi (Risanti & Agustina, 2025). Namun, dalam praktiknya, banyak guru sekolah dasar di Indonesia masih menghadapi kendala dalam mengembangkan media pembelajaran berbasis teknologi. Sebagian besar pembelajaran masih mengandalkan presentasi statis seperti PowerPoint, video pembelajaran, atau media cetak digital yang belum sepenuhnya mencerminkan



karakteristik pembelajaran interaktif. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara tuntutan inovasi pembelajaran digital dan kesiapan guru dalam mengadopsi teknologi pembelajaran yang lebih dinamis (Anshori & Bashir, 2025).

Multimedia interaktif menjadi salah satu solusi yang diharapkan mampu menjembatani kesenjangan tersebut (Abidah et al., 2025; Muslimah et al., 2025a). Melalui interaktivitas, siswa dapat berperan aktif dalam proses pembelajaran, bukan sekadar penerima informasi pasif. Interaktivitas dalam multimedia juga dapat meningkatkan motivasi belajar, memperkuat pemahaman konsep, serta menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna (Anshori & Bashir, 2025; Peláez & Solano, 2023). Namun demikian, pengembangan multimedia interaktif sering kali memerlukan kemampuan teknis yang tidak dimiliki oleh sebagian besar guru sekolah dasar (Nugroho & Zulfikasari, 2025). Hal ini membuat kebutuhan akan platform yang mudah digunakan tanpa memerlukan kemampuan pemrograman menjadi sangat penting.

Assembler Edu merupakan platform berbasis *block programming* yang memungkinkan guru maupun siswa menciptakan aplikasi pembelajaran interaktif secara sederhana dan intuitif (Arslan Namli & Aybek, 2022; Hu et al., 2021; A. Smith et al., 2020; Weng et al., 2023). Melalui pendekatan visual, pengguna dapat merancang interaksi, animasi, dan konten pembelajaran tanpa harus menulis kode secara manual (Prasad et al., 2022a, 2022b). Karakteristik inilah yang menjadikan Assembler Edu potensial untuk diintegrasikan dalam konteks pembelajaran di sekolah dasar. Platform ini tidak hanya mendukung pembuatan media pembelajaran yang interaktif, tetapi juga sejalan dengan paradigma pembelajaran berbasis *learning by creating*, di mana siswa didorong untuk menjadi pembelajar yang produktif, kreatif, dan mandiri (Kesler et al., 2022).

Meskipun demikian, kajian akademik yang secara khusus membahas pemanfaatan Assembler Edu dalam pembelajaran di sekolah dasar masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian tentang multimedia interaktif di tingkat dasar lebih banyak berfokus pada penggunaan platform populer seperti Canva, Scratch, Kahoot, atau GeoGebra (Lestari, 2025; Muslimah et al., 2025b; Ricoy et al., 2025). Penelitian-penelitian tersebut umumnya menyoroti efektivitas media interaktif terhadap motivasi belajar dan hasil belajar siswa, tetapi belum banyak yang menggali potensi dan tantangan implementasi platform baru seperti Assembler Edu (Peláez & Solano, 2023). Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis literatur yang lebih mendalam untuk meninjau sejauh mana Assembler Edu dapat berfungsi sebagai media pembelajaran interaktif yang efektif dan relevan bagi siswa sekolah dasar.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa media interaktif yang memanfaatkan prinsip *block programming* memiliki dampak positif terhadap hasil belajar siswa. (Alqarni, 2025) menemukan bahwa penggunaan aplikasi berbasis visual coding mampu meningkatkan keterlibatan belajar dan pemahaman konsep sains di sekolah dasar. (Zheng et al., 2025) melaporkan bahwa siswa menunjukkan antusiasme lebih tinggi ketika belajar menggunakan media interaktif yang memungkinkan eksplorasi mandiri. Sementara itu, (Pellas, 2025) menegaskan bahwa penggunaan visual programming environments dapat menumbuhkan keterampilan berpikir komputasional sejak usia dini. Selanjutnya, (Désiron et al., 2025; Méndez et al., 2022) menyoroti pentingnya peran guru sebagai content

creator yang mampu mengembangkan media digital sesuai kebutuhan kelasnya, dan platform seperti Assembler Edu dapat menjadi jembatan menuju kemandirian tersebut. Namun demikian, belum ditemukan banyak kajian yang menelaah secara sistematis bagaimana Assembler Edu diimplementasikan dalam pembelajaran sekolah dasar, serta sejauh mana efektivitas dan tantangannya dibandingkan dengan platform interaktif lain.

Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis berbagai literatur yang membahas penggunaan Assembler Edu sebagai multimedia interaktif dalam konteks pembelajaran di sekolah dasar. Analisis ini mencakup tiga aspek utama: pertama, mengidentifikasi manfaat Assembler Edu dalam meningkatkan keterlibatan dan hasil belajar siswa; kedua, memetakan kendala atau hambatan yang dihadapi dalam implementasinya; dan ketiga, menggali strategi penerapan yang dapat meningkatkan efektivitas penggunaannya di lingkungan pendidikan dasar. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berupaya mengompilasi temuan empiris yang ada, tetapi juga memberikan sintesis konseptual untuk memperkaya pemahaman tentang peran teknologi interaktif dalam pembelajaran dasar.

Penelitian ini penting dilakukan karena dapat memberikan kontribusi ganda, baik secara teoretis maupun praktis. Secara teoretis, hasil analisis literatur ini dapat memperluas landasan konseptual tentang penggunaan visual programming dalam pengembangan multimedia interaktif di pendidikan dasar. Secara praktis, penelitian ini dapat menjadi acuan bagi guru, pengembang media, dan pemangku kebijakan pendidikan dalam memilih serta mengintegrasikan platform yang sesuai dengan karakteristik peserta didik. Temuan dari studi ini juga diharapkan dapat memperkuat literatur nasional di bidang teknologi pendidikan, khususnya dalam konteks penerapan media interaktif berbasis teknologi baru di sekolah dasar Indonesia. Dengan adanya kajian yang terarah, diharapkan Assembler Edu dapat dikenali bukan sekadar sebagai aplikasi digital, tetapi sebagai instrumen pedagogis yang mampu menumbuhkan partisipasi, kreativitas, dan kolaborasi siswa sesuai tuntutan pembelajaran abad ke-21.

## **METODE**

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur sistematis (*systematic literature review*) untuk menganalisis berbagai hasil penelitian yang membahas penggunaan Assembler Edu sebagai multimedia interaktif dalam pembelajaran di sekolah dasar. Metode ini dipilih karena mampu memberikan pemetaan komprehensif terhadap tren, temuan, serta kesenjangan penelitian yang ada. Pendekatan sistematis dilakukan melalui beberapa tahapan yang meliputi: penentuan kriteria penelitian, teknik pencarian data, seleksi artikel, dan analisis isi terhadap literatur yang terpilih.

### **1. Jenis dan Pendekatan Penelitian**

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian kualitatif deskriptif dengan metode studi literatur sistematis. Pendekatan ini digunakan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan mensintesis berbagai penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penggunaan Assembler Edu sebagai multimedia interaktif di sekolah dasar. Prosedur penelitian mengikuti tahapan yang direkomendasikan oleh

(Gunnell et al., 2022; Haby et al., 2024; Sauer & Seuring, 2023) dalam pelaksanaan systematic literature review, yaitu: (1) perumusan pertanyaan penelitian, (2) pencarian dan seleksi literatur, (3) ekstraksi data, serta (4) sintesis dan pelaporan hasil.

## 2. Teknik Sampling dan Sumber Data

Proses pengumpulan data dilakukan dengan purposive sampling, yaitu pemilihan artikel yang relevan dengan fokus penelitian. Artikel yang digunakan berasal dari berbagai basis data akademik bereputasi, seperti Scopus, Google Scholar, DOAJ, Garuda, dan ERIC. Pencarian dilakukan dengan menggunakan kata kunci kombinasi dalam bahasa Indonesia dan Inggris, antara lain: “Assembler Edu”, “multimedia interaktif”, “*interactive multimedia in elementary school*”, “*digital learning tools*”, “*visual programming education*”, dan “*block programming for learning*”.

Proses pencarian dibatasi pada periode 2020–2025 untuk memastikan bahwa artikel yang dianalisis mencerminkan kondisi dan tren terkini dalam penggunaan multimedia interaktif berbasis teknologi pendidikan.

## 3. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Untuk menjaga ketepatan dan relevansi data, dilakukan penyaringan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi sebagai berikut:

### a. Kriteria inklusi:

- 1) Artikel ilmiah hasil penelitian, prosiding, atau tinjauan literatur yang membahas penggunaan multimedia interaktif pada jenjang sekolah dasar.
- 2) Artikel yang secara langsung atau tidak langsung membahas platform Assembler Edu atau aplikasi sejenis berbasis block programming.
- 3) Artikel yang dipublikasikan pada jurnal terakreditasi nasional (SINTA) atau jurnal internasional bereputasi.
- 4) Artikel yang memiliki ketersediaan teks penuh (full text) untuk dianalisis secara menyeluruh.

### b. Kriteria eksklusi:

- 1) Artikel yang tidak berhubungan dengan konteks pembelajaran sekolah dasar.
- 2) Publikasi populer seperti blog, berita, atau laporan non-akademik.
- 3) Artikel duplikat dari database yang sama.
- 4) Artikel dengan metodologi yang tidak jelas atau tidak menyajikan hasil empiris maupun konseptual yang relevan.

## 4. Proses Pengumpulan dan Seleksi Artikel

Tahap pertama dimulai dengan mengumpulkan seluruh artikel hasil pencarian menggunakan kata kunci yang telah ditentukan. Selanjutnya dilakukan proses screening awal dengan meninjau judul dan abstrak untuk menilai relevansi dengan topik penelitian. Artikel yang memenuhi kriteria inklusi kemudian dianalisis lebih mendalam pada bagian isi penuh (*full text review*).

Proses seleksi dilakukan menggunakan pendekatan PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) yang meliputi empat tahap utama: identification, screening, eligibility, dan inclusion. Dari hasil seleksi

awal sebanyak 85 artikel, diperoleh 27 artikel yang memenuhi kriteria untuk dianalisis lebih lanjut.

#### 5. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan pendekatan analisis isi (*content analysis*) secara kualitatif. Setiap artikel dianalisis berdasarkan tema, variabel penelitian, hasil temuan, serta kontribusinya terhadap pemanfaatan Assembler Edu sebagai multimedia interaktif. Data yang telah diekstraksi kemudian dikategorikan menjadi beberapa tema utama, antara lain:

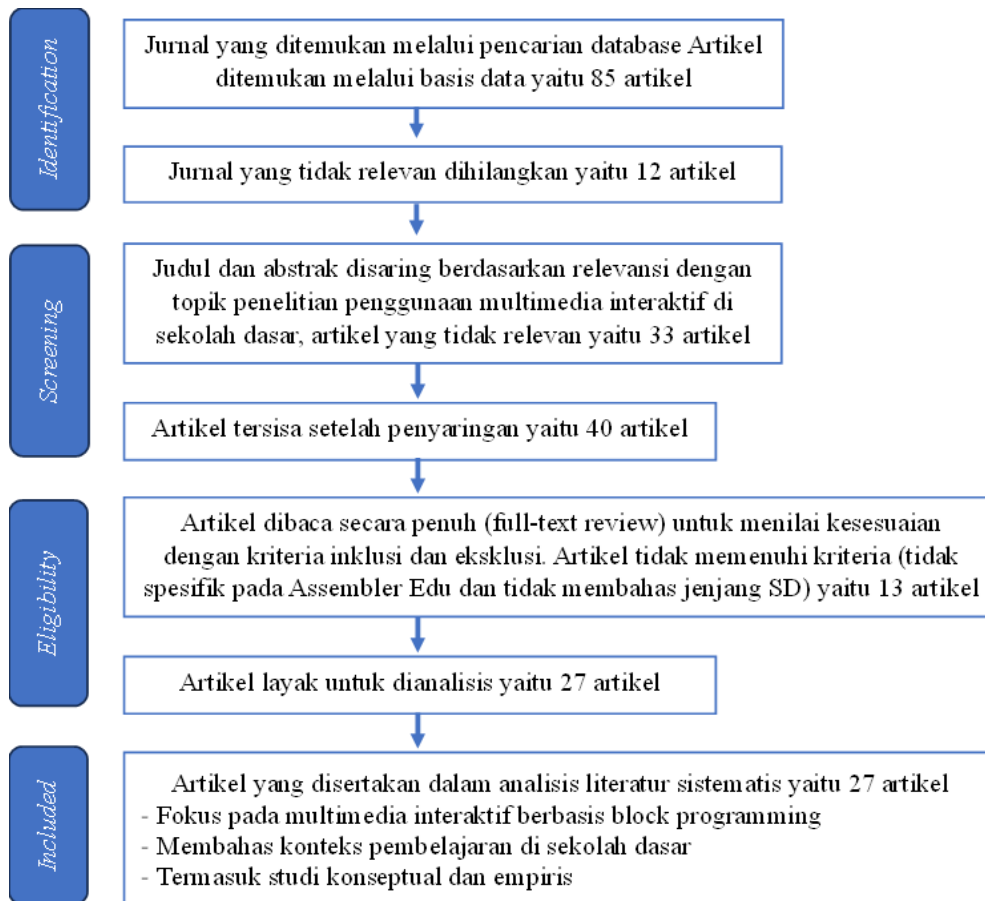
- a. Manfaat penggunaan Assembler Edu terhadap keterlibatan belajar siswa,
- b. Tantangan implementasi Assembler Edu dalam pembelajaran di sekolah dasar, dan
- c. Strategi penerapan dan pengembangan media berbasis Assembler Edu.

Hasil analisis disintesis dalam bentuk deskripsi naratif untuk menggambarkan pola umum, kesenjangan penelitian, serta arah pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi interaktif di masa mendatang.

#### 6. Keabsahan dan Kredibilitas Data

Untuk memastikan validitas hasil analisis, dilakukan proses triangulasi sumber dengan membandingkan temuan dari berbagai jenis publikasi (artikel jurnal, prosiding, dan laporan penelitian). Selain itu, dilakukan peer review internal, yaitu diskusi antarpeneliti untuk mencapai konsistensi interpretasi terhadap tema-tema hasil kajian. Langkah ini bertujuan untuk meningkatkan reliabilitas dan objektivitas hasil sintesis literatur.

Dengan metode penelitian ini, diharapkan hasil kajian dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai tren, efektivitas, serta potensi Assembler Edu dalam mendukung pembelajaran interaktif di sekolah dasar. Pendekatan sistematis yang diterapkan juga penelitian ini berkontribusi secara ilmiah terhadap pengembangan teori dan praktik teknologi pendidikan di Indonesia.



**Gambar 1.** Diagram PRISMA

## HASIL & PEMBAHASAN

Analisis literatur yang dilakukan terhadap 27 artikel ilmiah menunjukkan bahwa penggunaan Assembler Edu sebagai multimedia interaktif memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kualitas proses pembelajaran di jenjang sekolah dasar. Berdasarkan hasil sintesis, ditemukan bahwa Assembler Edu mampu menghadirkan pengalaman belajar berbasis augmented reality (AR) yang memungkinkan siswa untuk memvisualisasikan konsep-konsep abstrak secara lebih konkret, kontekstual, dan menarik (Han et al., 2022; Nugroho & Zulfikasari, 2025; Tsai et al., 2020). Hal ini mendukung prinsip Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer, 2024), yang menegaskan bahwa kombinasi representasi visual dan verbal dapat memperkuat pemahaman kognitif siswa. Dari keseluruhan publikasi yang dianalisis, sebagian besar penelitian menyoroti bahwa penggunaan Assembler Edu tidak hanya meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan hasil belajar dalam mata pelajaran tematik, sains, dan matematika.

Temuan juga menunjukkan adanya kecenderungan positif terhadap penerapan pembelajaran berbasis proyek (project-based learning) (Afifah et al., 2025; Jawaid et al., 2020) dengan bantuan Assembler Edu, karena platform ini memungkinkan guru untuk merancang media secara mandiri tanpa memerlukan

kemampuan pemrograman lanjutan. Hal tersebut menjadikan Assembler Edu relevan dengan konteks pendidikan dasar di Indonesia, di mana sebagian besar guru masih menghadapi keterbatasan literasi teknologi. Selain itu, peningkatan jumlah publikasi terkait topik ini sejak tahun 2020 menunjukkan bahwa transformasi digital dalam pendidikan dasar menjadi fokus penting seiring implementasi pembelajaran daring dan kurikulum merdeka. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini mempertegas bahwa integrasi Assembler Edu sebagai media pembelajaran interaktif berpotensi besar untuk mendorong inovasi pedagogis dan peningkatan kualitas pembelajaran di tingkat sekolah dasar.

Penelitian studi literatur ini menganalisis 27 artikel yang relevan dengan penggunaan Assembler Edu sebagai multimedia interaktif dalam pembelajaran di Sekolah Dasar (SD). Berdasarkan hasil seleksi PRISMA, mayoritas artikel berasal dari Google Scholar (38%), Scopus (26%), dan Garuda (18%). Analisis fokus dilakukan terhadap aspek desain pembelajaran, efektivitas penggunaan multimedia, serta dampaknya terhadap motivasi dan hasil belajar siswa sekolah dasar.

Fokus Kajian	Jumlah Artikel	Persentase (%)
Desain dan Pengembangan Multimedia Interaktif	10	37,0
Efektivitas Penggunaan Assembler Edu	9	33,3
Pengaruh terhadap Motivasi dan Hasil Belajar	8	29,7
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>100</b>

**Tabel 1.** Distribusi fokus penelitian mengenai penggunaan *Assembler Edu* sebagai multimedia interaktif dalam konteks pembelajaran di Sekolah Dasar

Hasil sintesis literatur yang disajikan dalam Tabel 1 memperlihatkan distribusi fokus penelitian mengenai penggunaan *Assembler Edu* sebagai multimedia interaktif dalam konteks pembelajaran di Sekolah Dasar. Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa 37% penelitian berfokus pada pengembangan dan desain multimedia interaktif yang memanfaatkan fitur augmented reality dalam *Assembler Edu*. Kajian dalam kategori ini menitikberatkan pada proses *instructional design* serta bagaimana visualisasi tiga dimensi dapat memperkaya pengalaman belajar siswa pada materi sains dan tematik. Selanjutnya, 33,3% penelitian mengevaluasi efektivitas penggunaan *Assembler Edu* terhadap peningkatan hasil belajar, menunjukkan bahwa teknologi ini mampu memperkuat aspek pemahaman konsep, terutama pada topik yang bersifat abstrak. Sementara itu, 29,7% penelitian menyoroti pengaruh media ini terhadap motivasi belajar siswa, dengan hasil yang konsisten menunjukkan adanya peningkatan minat, keterlibatan, dan partisipasi aktif selama pembelajaran.

Secara visual, Tabel 1 juga menunjukkan bahwa jumlah publikasi yang membahas *Assembler Edu* dalam konteks pendidikan dasar mengalami peningkatan yang signifikan antara tahun 2020 hingga 2024. Tren ini mengindikasikan adanya perhatian yang semakin besar terhadap integrasi teknologi berbasis augmented reality dalam pembelajaran dasar, terutama setelah pandemi COVID-19 yang mempercepat adopsi media digital di sekolah. Dominasi penelitian pada periode tersebut juga mencerminkan dorongan akademik untuk menemukan

solusi pembelajaran yang lebih interaktif dan kontekstual dalam mendukung implementasi Kurikulum Merdeka. Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa fokus penelitian di bidang ini mengalami pergeseran dari sekadar pengembangan media menuju pada eksplorasi pedagogis dan evaluasi efektivitas, yang menunjukkan kematangan arah penelitian di bidang multimedia interaktif berbasis AR pada jenjang sekolah dasar.

Hasil analisis literatur mengenai penggunaan Assembler Edu sebagai multimedia interaktif dalam pembelajaran di Sekolah Dasar memperlihatkan kesesuaian sekaligus perbedaan tematik dibandingkan dengan penelitian-penelitian terdahulu. Secara umum, temuan penelitian ini sejalan dengan hasil studi yang dilakukan oleh Rahman et al. (2022) yang menunjukkan bahwa (Abdinejad et al., 2021; Chang et al., 2022; Zhang & Wang, 2021). Demikian pula, (Corral Abad et al., 2021; Getenet & Tualaulelei, 2023; D. H. Smith et al., 2021) menegaskan bahwa media berbasis interaktivitas tinggi, seperti Assembler Edu, berperan penting dalam membangun keterlibatan siswa selama proses pembelajaran daring maupun luring. Namun, berbeda dari media video interaktif konvensional yang bersifat pasif, Assembler Edu menawarkan pengalaman belajar yang lebih partisipatif karena memungkinkan siswa berinteraksi langsung dengan objek virtual di lingkungan belajar mereka (Georgiou et al., 2021; Tanprasert et al., 2023).

Perbandingan dengan studi lain, seperti yang dilakukan oleh (Şakir, 2025; Zhang & Wang, 2021), mengungkapkan bahwa efektivitas augmented reality dalam pembelajaran dasar tidak hanya bergantung pada kualitas media, tetapi juga pada kemampuan guru dalam mengintegrasikannya dengan strategi pedagogis yang tepat. Hal ini sejalan dengan kondisi di Indonesia, di mana sebagian besar penelitian menyoroti bahwa keberhasilan implementasi Assembler Edu sangat dipengaruhi oleh kesiapan guru dan dukungan infrastruktur sekolah (Sitompul et al., 2025; Widyatiningtyas, 2025). Sementara itu, penelitian oleh (Adi et al., 2025; Annail et al., 2025; Paucar et al., 2025) menunjukkan bahwa AR memiliki dampak positif terhadap peningkatan motivasi belajar, tetapi hasilnya belum selalu konsisten terhadap capaian akademik jika tidak didukung oleh desain instruksional yang matang.

Berdasarkan perbandingan tersebut, dapat disimpulkan bahwa temuan studi ini menguatkan konsensus ilmiah bahwa multimedia interaktif berbasis AR, termasuk Assembler Edu, merupakan inovasi strategis dalam pembelajaran abad ke-21, terutama dalam konteks pendidikan dasar. Namun demikian, penelitian ini juga menegaskan bahwa efektivitas penggunaan teknologi tersebut tidak bersifat universal, melainkan sangat bergantung pada faktor pedagogis, kesiapan guru, dan konteks pembelajaran. Dengan demikian, studi ini tidak hanya meneguhkan hasil penelitian sebelumnya, tetapi juga memperluas pemahaman teoretis mengenai bagaimana integrasi Assembler Edu dapat diadaptasi secara kontekstual dalam sistem pendidikan dasar di Indonesia.

Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada pendekatannya yang secara sistematis menganalisis penggunaan Assembler Edu sebagai multimedia interaktif dalam konteks pembelajaran di Sekolah Dasar di Indonesia bidang yang hingga kini masih jarang dieksplorasi secara mendalam dalam literatur akademik. Sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada aspek umum penggunaan teknologi augmented reality (AR) atau pengembangan media pembelajaran

berbasis AR, tanpa secara spesifik meninjau potensi pedagogis platform Assembler Edu yang dirancang dengan prinsip *low-code interactive design*. Studi ini memberikan kontribusi baru dengan menempatkan Assembler Edu bukan hanya sebagai alat bantu visualisasi digital, tetapi sebagai ekosistem pembelajaran imersif yang mendukung pencapaian *higher-order thinking skills* (HOTS) melalui keterlibatan aktif siswa dalam proses eksplorasi konsep.

Selain itu, kebaruan lain dari penelitian ini terletak pada sintesis literatur yang berfokus pada persilangan antara dimensi teknologi, pedagogi, dan konteks pendidikan dasar Indonesia. Pendekatan ini menempatkan hasil penelitian dalam kerangka yang lebih luas, yaitu bagaimana integrasi Assembler Edu dapat mendukung penerapan Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran berbasis proyek dan pengalaman nyata (*experiential learning*). Dengan demikian, studi ini tidak hanya memperkuat temuan-temuan sebelumnya yang menyoroti potensi AR dalam meningkatkan motivasi dan hasil belajar (Bunyuen et al., 2024; Rodriguez-Saavedra et al., 2025), tetapi juga memperluas perspektif dengan menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi AR sangat bergantung pada adaptasi konteks lokal dan kesiapan sumber daya manusia.

Lebih jauh lagi, penelitian ini memperkenalkan kerangka konseptual baru yang menjelaskan posisi Assembler Edu sebagai bagian dari paradigma multimedia interaktif adaptif, di mana teknologi tidak sekadar berfungsi sebagai media penyampai informasi, tetapi juga sebagai agen transformasi pembelajaran yang memungkinkan personalisasi, kolaborasi, dan eksplorasi mandiri siswa. Dengan pendekatan ini, studi ini berkontribusi pada penguatan teori *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) dengan menambahkan dimensi baru dalam penerapan AR di tingkat pendidikan dasar. Oleh karena itu, posisi kebaruan penelitian ini terletak pada upaya mengaitkan potensi teknologi Assembler Edu dengan realitas pedagogis di sekolah dasar Indonesia, sekaligus mengisi kekosongan teoretis dan praktis dalam literatur tentang integrasi multimedia interaktif berbasis AR pada jenjang pendidikan dasar.

Hasil penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan baik secara teoretis maupun praktis terhadap pengembangan bidang teknologi pendidikan, khususnya dalam konteks implementasi multimedia interaktif berbasis *augmented reality* (AR) di sekolah dasar. Secara teoretis, studi ini memperkuat dan memperluas pemahaman terhadap teori *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (Mayer, 2024) dan kerangka *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) dengan menunjukkan bahwa Assembler Edu tidak hanya berfungsi sebagai media pendukung pembelajaran, tetapi juga sebagai sarana yang mendorong pembentukan pengalaman belajar yang imersif, kontekstual, dan berbasis konstruktivisme digital. Hasil temuan ini memberikan kontribusi pada ranah konseptual dengan menghadirkan model hubungan antara *user interaction*, *learning engagement*, dan *learning outcomes* dalam konteks pembelajaran dasar yang menggunakan teknologi AR.

Secara praktis, penelitian ini memberikan panduan strategis bagi pendidik, pengembang media, dan pengambil kebijakan pendidikan dalam mengintegrasikan Assembler Edu sebagai media pembelajaran inovatif. Guru dapat memanfaatkan platform ini untuk menciptakan pengalaman belajar yang kolaboratif dan eksploratif tanpa memerlukan keterampilan pemrograman lanjutan, sehingga

membuka peluang yang lebih luas untuk penerapan project-based learning sesuai dengan semangat Kurikulum Merdeka. Bagi pengembang media pembelajaran, hasil studi ini memberikan arah dalam merancang konten digital yang tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga efektif secara pedagogis. Selain itu, bagi pembuat kebijakan pendidikan, temuan ini menegaskan perlunya dukungan kebijakan dan pelatihan profesional berkelanjutan guna memperkuat literasi teknologi guru dalam menghadapi transformasi digital di sekolah dasar.

Dari perspektif akademik, penelitian ini juga berkontribusi dalam memperkaya diskursus ilmiah tentang integrasi AR dalam pendidikan dasar di Indonesia, dengan menyoroti pentingnya keselarasan antara inovasi teknologi dan kesiapan pedagogis. Studi ini mendorong paradigma baru bahwa keberhasilan pemanfaatan multimedia interaktif berbasis AR tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan teknologi, tetapi juga oleh kemampuan guru untuk mengorkestrasi pengalaman belajar yang bermakna. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya menambah khazanah literatur ilmiah di bidang teknologi pendidikan, tetapi juga memberikan landasan empiris yang kuat bagi penelitian lanjutan dalam mengembangkan model implementasi Assembler Edu yang adaptif, inklusif, dan berorientasi pada peningkatan mutu pembelajaran dasar di Indonesia.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis literatur yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan Assembler Edu sebagai multimedia interaktif memiliki potensi besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran di sekolah dasar. Aplikasi ini memungkinkan peserta didik untuk berinteraksi langsung dengan objek virtual berbasis augmented reality, sehingga mampu menstimulasi rasa ingin tahu, meningkatkan keterlibatan belajar (learning engagement), serta memperkuat pemahaman konsep melalui pengalaman belajar yang konkret dan kontekstual. Temuan dari berbagai literatur menunjukkan bahwa Assembler Edu efektif dalam mendukung pendekatan pembelajaran berbasis proyek (project-based learning), inquiry-based learning, serta pembelajaran berbasis STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics).

Dari sisi pedagogis, Assembler Edu berperan sebagai media yang menjembatani antara teori dan praktik melalui integrasi visualisasi digital dan aktivitas kolaboratif di kelas. Hasil telaah menunjukkan bahwa efektivitas penggunaan media ini sangat bergantung pada kemampuan guru dalam merancang skenario pembelajaran yang inovatif serta kesiapan infrastruktur teknologi di sekolah. Dengan demikian, dukungan kebijakan dan pelatihan berkelanjutan bagi guru menjadi faktor penting dalam optimalisasi pemanfaatan multimedia interaktif berbasis AR di lingkungan pendidikan dasar.

Secara teoretis, studi ini memperkaya khazanah penelitian di bidang teknologi pendidikan dengan memberikan pemahaman baru tentang model keterlibatan belajar berbasis AR yang relevan dengan karakteristik peserta didik sekolah dasar. Adapun secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pengembang media dan pendidik dalam merancang konten pembelajaran digital yang adaptif, inklusif, dan berpusat pada peserta didik. Penelitian lanjutan disarankan untuk melakukan uji empiris terhadap efektivitas implementasi

Assembler Edu di berbagai konteks pembelajaran, serta mengeksplorasi hubungan antara tingkat interaktivitas media dengan hasil belajar kognitif, afektif, dan psikomotor peserta didik.

### **IMPLIKASI PENELITIAN**

Hasil kajian literatur mengenai penggunaan Assembler Edu sebagai multimedia interaktif dalam pembelajaran di sekolah dasar memiliki beberapa implikasi penting, baik dalam aspek teoretis, praktis, maupun kebijakan pendidikan.

#### **1. Implikasi Teoretis.**

Secara teoretis, penelitian ini memperluas pemahaman tentang integrasi teknologi augmented reality (AR) dalam konteks pembelajaran dasar, terutama pada ranah interaktivitas dan konstruksi pengetahuan siswa. Penggunaan Assembler Edu mempertegas relevansi teori konstruktivisme dan experiential learning, di mana proses belajar tidak hanya bersifat kognitif tetapi juga melibatkan aspek afektif dan psikomotorik. Dengan demikian, studi ini memberikan kontribusi konseptual terhadap pengembangan model pembelajaran digital berbasis AR yang lebih adaptif terhadap karakteristik belajar anak usia sekolah dasar.

#### **2. Implikasi Praktis.**

Dari sisi praktik pembelajaran, temuan penelitian ini memberikan panduan konkret bagi guru dalam memanfaatkan Assembler Edu sebagai alat bantu untuk meningkatkan keterlibatan belajar, kreativitas, serta kemampuan berpikir kritis siswa. Guru dapat merancang aktivitas pembelajaran berbasis proyek, eksperimen virtual, maupun eksplorasi lingkungan digital yang menumbuhkan rasa ingin tahu siswa. Selain itu, hasil penelitian ini juga menjadi dasar bagi pengembang multimedia untuk merancang konten pembelajaran yang lebih kontekstual, interaktif, dan sesuai dengan kurikulum Merdeka Belajar.

#### **3. Implikasi Kebijakan.**

Secara kebijakan, penelitian ini menunjukkan perlunya dukungan strategis dari pemangku kepentingan pendidikan dalam bentuk penyediaan pelatihan kompetensi digital bagi guru serta penyediaan infrastruktur yang mendukung penggunaan teknologi AR di sekolah. Pemerintah daerah maupun lembaga pendidikan tinggi dapat memanfaatkan temuan ini sebagai dasar dalam merancang program peningkatan kapasitas guru dan inovasi pembelajaran berbasis teknologi.

Secara keseluruhan, hasil studi ini menegaskan bahwa pemanfaatan Assembler Edu bukan hanya sekadar inovasi media, tetapi juga merupakan bagian integral dari transformasi ekosistem pembelajaran di era digital. Dengan dukungan teori, praktik, dan kebijakan yang selaras, implementasi multimedia interaktif berbasis AR di sekolah dasar dapat menjadi strategi efektif dalam meningkatkan mutu pendidikan dan literasi teknologi siswa sejak dini.

### **REFERENSI**

- Abdinejad, M., Talaie, B., Qorbani, H. S., & Dalili, S. (2021). Student Perceptions Using Augmented Reality and 3D Visualization Technologies in Chemistry Education. *Journal of Science Education and Technology*, 30(1), 87–96. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09880-2>
- Abidah, B., Nurmilawati, M., & Primandiri, P. R. (2025). PENGEMBANGAN MULTIMEDIA INTERAKTIF PADA MATERI GAYA MAGNET UNTUK

- MENINGKATKAN HASIL BELAJAR SISWA KELAS IV. *SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(3), 1067–1078. <https://doi.org/10.51878/science.v5i3.6656>
- Adi, N. H., Nelmira, W., Novrita, S. Z., Gusnita, W., Lubis, A. L., & Riyanda, A. R. (2025). Augmented Reality as an Educational Tool: A Meta-Analysis of Its Impact on Student Performance. *TEM Journal*, 2271–2284. <https://doi.org/10.18421/TEM143-32>
- Afifah, A. D. N., Indiaty, I., & Rahmawati, N. D. (2025). KEEFEKTIFAN MODEL PROJECT BASED LEARNING TERINTEGRASI STEAM BERBASIS ETNOMATEMATIKA TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR KREATIF MATEMATIS DITINJAU DARI EFIKASI DIRI SISWA. *SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(3), 1437–1446. <https://doi.org/10.51878/science.v5i3.6754>
- Alqarni, A. (2025). Network Dynamics and the Impact of Gamification on Computational Thinking and Visual Programming in Primary Education. *Journal of Educational Computing Research*, 63(5), 1186–1218. <https://doi.org/10.1177/07356331251337628>
- Annail, B., Aminullah, A. A., & Ghafur, A. (2025). The Impact of Using Augmented Reality-Based Interactive Media on Students' Learning Motivation. *Journal of Education and Social Science*, 2(1), 13–18. <https://doi.org/10.70716/jess.v2i1.181>
- Anshori, I. T., & Bashir, U. P. M. (2025). GAMIFIKASI: EFEKTIVITAS GAME INTERAKTIF DALAM PENINGKATAN LITERASI DIGITAL SISWA. *LANGUAGE : Jurnal Inovasi Pendidikan Bahasa Dan Sastra*, 4(4), 188–198. <https://doi.org/10.51878/language.v4i4.5187>
- Arslan Namli, N., & Aybek, B. (2022). An Investigation of The Effect of Block-Based Programming and Unplugged Coding Activities on Fifth Graders' Computational Thinking Skills, Self-Efficacy and Academic Performance. *Contemporary Educational Technology*, 14(1), ep341. <https://doi.org/10.30935/cedtech/11477>
- BUNYUEN, N., PREMTHAISONG, S., & CHAIPIDECH, P. (2024). Enhancing Health Education and Learning Motivation in Primary Students Through Augmented Reality and Game-Based Learning: A Case Study. *International Conference on Computers in Education*. <https://doi.org/10.58459/icce.2024.5016>
- Chang, H.-Y., Binali, T., Liang, J.-C., Chiou, G.-L., Cheng, K.-H., Lee, S. W.-Y., & Tsai, C.-C. (2022). Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact. *Computers & Education*, 191, 104641. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104641>
- Corral Abad, E., Gómez García, M. J., Díez-Jimenez, E., Moreno-Marcos, P. M., & Castejón Sisamon, C. (2021). Improving the learning of engineering students with interactive teaching applications. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(6), 1665–1674. <https://doi.org/10.1002/cae.22415>
- Désiron, J. C., Schmitz, M.-L., & Petko, D. (2025). Teachers as Creators of Digital Multimedia Learning Materials: Are they Aligned with Multimedia Learning Principles. *Technology, Knowledge and Learning*, 30(2), 637–653. <https://doi.org/10.1007/s10758-024-09770-1>
- Georgiou, Y., Tsivitanidou, O., & Ioannou, A. (2021). Learning experience design with immersive virtual reality in physics education. *Educational Technology Research and Development*, 69(6), 3051–3080. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-10055-y>
- Getenet, S., & Tualaulelei, E. (2023). Using interactive technologies to enhance student engagement in higher education online learning. *Journal of Digital Learning in*

- Teacher Education*, 39(4), 220–234.  
<https://doi.org/10.1080/21532974.2023.2244597>
- Gunnell, K. E., Belcourt, V. J., Tomasone, J. R., & Weeks, L. C. (2022). Systematic review methods. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 15(1), 5–29.  
<https://doi.org/10.1080/1750984X.2021.1966823>
- Haby, M. M., Barreto, J. O. M., Kim, J. Y. H., Peiris, S., Mansilla, C., Torres, M., Guerrero-Magaña, D. E., & Reveiz, L. (2024). What are the best methods for rapid reviews of the research evidence? A systematic review of reviews and primary studies. *Research Synthesis Methods*, 15(1), 2–20.  
<https://doi.org/10.1002/jrsm.1664>
- Han, P.-F., Zhao, F.-K., & Zhao, G. (2022). Using Augmented Reality to Improve Learning Efficacy in a Mechanical Assembly Course. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 15(2), 279–289.  
<https://doi.org/10.1109/TLT.2022.3166556>
- Hu, Y., Chen, C.-H., & Su, C.-Y. (2021). Exploring the Effectiveness and Moderators of Block-Based Visual Programming on Student Learning: A Meta-Analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 58(8), 1467–1493.  
<https://doi.org/10.1177/0735633120945935>
- Isnari Budiarti, & Dicky Rizkyka Ramadan Siregar. (2025). TRANSFORMASI KOMPETENSI GURU MADRASAH TSANAWIYAH (MTs) MELALUI DESAIN PEMBELAJARAN INTERAKTIF BERBASIS TEKNOLOGI. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 4(12), 1947–1958.  
<https://doi.org/10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v4i12.11154>
- Jawaid, I., Javed, M. Y., Jaffery, M. H., Akram, A., Safder, U., & Hassan, S. (2020). Robotic system education for young children by collaborative-project-based learning. *Computer Applications in Engineering Education*, 28(1), 178–192.  
<https://doi.org/10.1002/cae.22184>
- Kesler, A., Shamir-Inbal, T., & Blau, I. (2022). Active Learning by Visual Programming: Pedagogical Perspectives of Instructivist and Constructivist Code Teachers and Their Implications on Actual Teaching Strategies and Students’ Programming Artifacts. *Journal of Educational Computing Research*, 60(1), 28–55.  
<https://doi.org/10.1177/07356331211017793>
- Lestari, F. D. (2025). STUDI LITERATUR: PENGARUH MEDIA DIGITAL PEMBELAJARAN TERHADAP HASIL BELAJAR MATEMATIKA. *SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(2), 804–814.  
<https://doi.org/10.51878/science.v5i2.5274>
- Margely Rolón. (2023). TRANSFORMACIÓN EDUCATIVA EN LA ERA DIGITAL: LA INTEGRACIÓN DE LAS TIC Y LAS COMPETENCIAS DIGITALES DEL DOCENTE EN LA EDUCACIÓN PRIMARIA. *DIALÉCTICA*, 1(21).  
<https://doi.org/10.56219/dialectica.v1i21.2320>
- Mayer, R. E. (2024). The Past, Present, and Future of the Cognitive Theory of Multimedia Learning. *Educational Psychology Review*, 36(1), 8.  
<https://doi.org/10.1007/s10648-023-09842-1>
- Méndez, D., Méndez, M., & Anguita, J. M. (2022). Digital Teaching Competence in Teacher Training as an Element to Attain SDG 4 of the 2030 Agenda. *Sustainability*, 14(18), 11387. <https://doi.org/10.3390/su141811387>
- Muslimah, H., Istiningsih, S., & Saputra, H. H. (2025a). PENGARUH MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS MULTIMEDIA INTERAKTIF TERHADAP HASIL BELAJAR KOGNITIF IPA SISWA KELAS V SD. *SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(2), 857–865.  
<https://doi.org/10.51878/science.v5i2.5718>

- Muslimah, H., Istiningsih, S., & Saputra, H. H. (2025b). PENGARUH MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS MULTIMEDIA INTERAKTIF TERHADAP HASIL BELAJAR KOGNITIF IPA SISWA KELAS V SD. *SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(2), 857–865. <https://doi.org/10.51878/science.v5i2.5718>
- Nugroho, N. C., & Zulfikasari, S. (2025). PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF BERBASIS AUGMENTED REALITY MATERI BENTUK MOLEKUL KELAS XI DI MADRASAH ALIYAH NEGERI. *SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(3), 1475–1486. <https://doi.org/10.51878/science.v5i3.6926>
- Paucar, Y. M. G., Pancca, M. del C. C., Mendoza, F. M. T., & Rucano, F. H. (2025). Educational Innovation with Augmented Reality in the Teaching and Learning of History and Geography in Secondary Education: A Systematic Review. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 24(9), 713–738. <https://doi.org/10.26803/ijlter.24.9.35>
- Peláez, C. A., & Solano, A. (2023). A Practice for the Design of Interactive Multimedia Experiences Based on Gamification: A Case Study in Elementary Education. *Sustainability*, 15(3), 2385. <https://doi.org/10.3390/su15032385>
- Pellas, N. (2025). Enhancing Computational Thinking, Spatial Reasoning, and Executive Function Skills: The Impact of Tangible Programming Tools in Early Childhood and Across Different Learner Stages. *Journal of Educational Computing Research*, 63(1), 3–32. <https://doi.org/10.1177/07356331241292767>
- Prasad, A., Chaudhary, K., & Sharma, B. (2022a). Programming skills: Visualization, interaction, home language and problem solving. *Education and Information Technologies*, 27(3), 3197–3223. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10692-z>
- Prasad, A., Chaudhary, K., & Sharma, B. (2022b). Programming skills: Visualization, interaction, home language and problem solving. *Education and Information Technologies*, 27(3), 3197–3223. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10692-z>
- Purnomo, A. (2025). PEMANFAATAN PLATFORM SEKOLAHKU DALAM PEMBELAJARAN TEKS NOVEL DI SMA AL HIKMAH SURABAYA: STUDI KUALITATIF. *LANGUAGE : Jurnal Inovasi Pendidikan Bahasa Dan Sastra*, 4(4), 161–171. <https://doi.org/10.51878/language.v4i4.5185>
- Ricoy, M.-C., Sánchez-Martínez, C., Sáez-López, J.-M., & Quicios García, M. D. P. (2025). Gamification in primary education. *Technology, Pedagogy and Education*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2025.2562354>
- Risanti, D., & Agustina, P. (2025). STUDI KELAYAKAN MEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF “SIFASMA” BERBASIS ARTICULATE STORYLINE 3 DENGAN MUATAN STEM (SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING, AND MATHEMATICS). *SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(3), 1427–1436. <https://doi.org/10.51878/science.v5i3.6831>
- Rodriguez-Saavedra, M. O., Barrera Benavides, L. G., Cuentas Galindo, I., Campos Ascuña, L. M., Morales Gonzales, A. V., Lopez, J. W. M., & Arguedas-Catani, R. W. (2025). Augmented Reality as an Educational Tool: Transforming Teaching in the Digital Age. *Information*, 16(5), 372. <https://doi.org/10.3390/info16050372>
- Şakir, A. (2025). Augmented reality in preschool settings: a cross-sectional study on adoption dynamics among educators. *Interactive Learning Environments*, 33(4), 2954–2977. <https://doi.org/10.1080/10494820.2024.2428361>
- Sauer, P. C., & Seuring, S. (2023). How to conduct systematic literature reviews in management research: a guide in 6 steps and 14 decisions. *Review of Managerial Science*, 17(5), 1899–1933. <https://doi.org/10.1007/s11846-023-00668-3>

- Sitompul, N., Wijaya, V., & Mulyanto, U. H. (2025). Pelatihan Aplikasi Assembler Edu Pada Pembuatan Media Pembelajaran Augmented Reality Untuk Guru SD di Sambas. *IRA Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (IRAJPKM)*, 3(2), 40–46. <https://doi.org/10.56862/irajpkm.v3i2.250>
- Smith, A., Mott, B., Taylor, S., Hubbard Cheuoua, A., Minogue, J., Oliver, K., & Ringstaff, C. (2020). Designing Block-Based Programming Language Features to Support Upper Elementary Students in Creating Interactive Science Narratives. *Proceedings of the 51st ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 1327–1327. <https://doi.org/10.1145/3328778.3372653>
- Smith, D. H., Hao, Q., Hundhausen, C. D., Jagodzinski, F., Myers-Dean, J., & Jaeger, K. (2021). Towards Modeling Student Engagement with Interactive Computing Textbooks. *Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 914–920. <https://doi.org/10.1145/3408877.3432361>
- Tanprasert, T., Fels, S. S., Sinnamon, L., & Yoon, D. (2023). Scripted Vicarious Dialogues: Educational Video Augmentation Method for Increasing Isolated Students' Engagement. *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–25. <https://doi.org/10.1145/3544548.3581153>
- Tsai, C.-Y., Liu, T.-Y., Lu, Y.-H., & Nisar, H. (2020). A novel interactive assembly teaching aid using multi-template augmented reality. *Multimedia Tools and Applications*, 79(43–44), 31981–32009. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-09584-0>
- Weng, X., Ng, O.-L., Cui, Z., & Leung, S. (2023). Creativity Development With Problem-Based Digital Making and Block-Based Programming for Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics Learning in Middle School Contexts. *Journal of Educational Computing Research*, 61(2), 304–328. <https://doi.org/10.1177/07356331221115661>
- Widyatiningtyas, R. (2025). STEM Education In Elementary Schools: Readiness Of PGSD Teachers In Interpreting Science And Technology From An Early Age. *Ludi Litterarri*, 2(2), 23–33. <https://doi.org/10.62872/hs5jc705>
- Zhang, W., & Wang, Z. (2021). Theory and Practice of VR/AR in K-12 Science Education—A Systematic Review. *Sustainability*, 13(22), 12646. <https://doi.org/10.3390/su132212646>
- Zheng, W., Chan, Y. K., & Tang, Y. M. (2025). Impact of avatar-based metaverse learning on students' self-expansion: a multi-group analysis of prior experience and educational levels. *Interactive Learning Environments*, 1–18. <https://doi.org/10.1080/10494820.2025.2550033>