

Implementasi Media Pembelajaran Berbasis *Augmented Reality* Pada Materi Sistem Komputer Di SMKN 2 Semarang

Mufti Hilmy Taftazani¹, Lilik Ariyanto², Theodora Indriati Wardani³

¹²³Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Pendidikan Matematika Ilmu
Pengetahuan Alam dan Teknologi Informasi

Universitas PGRI Semarang

Alamat: Jalan Sidodadi Timur Nomor 24, Semarang, Indonesia. Kode Pos 50232

¹taftington@gmail.com, ²lilikariyanto@upgris.ac.id, ³twindriati891@gmail.com

Abstract- This study aims to describe the implementation of an *Augmented Reality* (AR)-based learning media for Computer Systems material for students at SMKN 2 Semarang and to determine the feasibility and attractiveness of the media based on expert assessments and user responses. The learning media was developed as an Android application integrating three-dimensional objects, text, images, audio, animations, and interactive features. The development used the *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) consisting of concept, design, material collecting, assembly, testing, and distribution. Implementation was conducted with 36 students of Class X PPLG 1 at SMKN 2 Semarang after validation and revision of the product. Data were collected through observation, documentation, media-expert validation, material-expert validation, and the USE Questionnaire. The results showed feasibility percentages of 71.6% from media experts, 76.6% from the material expert, and 86% from students. The accumulated feasibility result was 78.09% and was categorized as highly feasible, while the attractiveness result was 78.09% and categorized as very high. The findings indicate that the AR-based media was successfully implemented and received positive assessments as a supporting medium for Computer Systems learning.

Keywords: *Augmented Reality*, Learning Media, Computer Systems, MDLC, *USE Questionnaire*.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi digital telah mengubah cara pembelajaran dirancang dan dilaksanakan. Media pembelajaran tidak lagi hanya berfungsi sebagai sarana penyampaian materi, tetapi juga sebagai penghubung antara konsep yang dipelajari dengan pengalaman belajar yang lebih visual dan interaktif. Kondisi tersebut penting pada pendidikan kejuruan karena siswa tidak hanya dituntut memahami teori, tetapi juga perlu membangun pemahaman konseptual yang dapat diterapkan pada konteks praktik. Oleh sebab itu, pemilihan media perlu mempertimbangkan kemampuan media dalam menyajikan materi secara jelas, menarik, dan sesuai dengan karakteristik pengguna (Dewanto et al., 2025; Trisnawati et al., 2021).

Materi Sistem Komputer memiliki karakteristik yang memuat konsep teknis dan komponen yang tidak selalu mudah dipahami melalui teks atau gambar dua dimensi. Materi yang dipelajari mencakup motherboard, Central Processing Unit (CPU), hierarki memori, storage devices, perangkat input dan output, sistem operasi, instalasi sistem operasi, serta troubleshooting. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa penggunaan media visual dan multimedia dapat membantu siswa memperoleh representasi yang lebih konkret terhadap konsep komputer dan jaringan yang dipelajari (Dharmawan & Arisandi, 2023; Fiqri et al., 2022).

Berdasarkan studi pendahuluan pada pembelajaran Sistem Komputer di SMKN 2 Semarang, masih terdapat kebutuhan terhadap media yang dapat membantu siswa mengamati objek dan konsep secara lebih konkret.

Pembelajaran yang bergantung pada penjelasan verbal dan visual dua dimensi memiliki keterbatasan ketika materi membutuhkan pemahaman terhadap bentuk, struktur, atau hubungan antarkomponen. Kondisi tersebut menjadi dasar pemilihan media berbasis teknologi yang mampu menghadirkan objek secara lebih nyata pada perangkat yang sudah umum digunakan siswa.

Augmented Reality (AR) menjadi salah satu alternatif yang relevan karena dapat menggabungkan objek virtual dengan lingkungan nyata secara real-time. Dalam pembelajaran, AR memungkinkan objek tiga dimensi dipresentasikan melalui kamera perangkat sehingga siswa memperoleh pengalaman visual yang lebih konkret dan dapat mengeksplorasi objek dari berbagai sudut pandang. Tinjauan dan penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa AR memiliki potensi dalam mendukung keterlibatan dan pemahaman siswa, termasuk pada konteks pendidikan vokasi dan pembelajaran Sistem Komputer (Chiang et al., 2022; Garzón et al., 2021; Hartono et al., 2024).

Meskipun demikian, keberhasilan penggunaan AR tidak hanya ditentukan oleh keberadaan teknologinya, tetapi juga oleh kesesuaian media dengan materi, karakteristik pengguna, serta proses implementasi di lingkungan pembelajaran nyata. Penelitian terdahulu telah menunjukkan manfaat AR dalam penyajian visual, tetapi masih diperlukan kajian yang mendeskripsikan penerapan media AR pada materi Sistem Komputer di lingkungan sekolah tertentu sekaligus menilai kelayakan dan tanggapan pengguna setelah media digunakan. Penelitian ini memfokuskan kontribusinya pada implementasi langsung media AR berbasis Android untuk materi Sistem Komputer di SMKN 2 Semarang.

Penelitian ini mengimplementasikan media pembelajaran berbasis AR pada siswa kelas X PPLG 1 SMKN 2 Semarang. Media dikembangkan dalam bentuk aplikasi Android yang memadukan objek tiga dimensi, teks, gambar, audio, animasi, materi, kuis, game, dan informasi. Pelaksanaan implementasi dilakukan setelah produk melalui pengembangan, pengujian, validasi, dan perbaikan. Tujuan penelitian ini adalah (1)

mendeskripsikan implementasi media pembelajaran berbasis AR pada materi Sistem Komputer dan (2) mengetahui tingkat kelayakan serta daya tarik media berdasarkan penilaian ahli media, ahli materi, dan tanggapan siswa.

2. Landasan Teori

A. Media Pembelajaran

Media pembelajaran merupakan sarana yang membantu penyampaian informasi dan pengalaman belajar sehingga materi dapat diterima siswa secara lebih jelas. Perkembangan media digital memungkinkan penyajian teks, gambar, audio, animasi, dan objek tiga dimensi dalam satu lingkungan pembelajaran. Integrasi berbagai bentuk media dapat membantu siswa membangun representasi terhadap materi yang bersifat kompleks (Mayer, 2021).

B. Augmented Reality

Augmented Reality merupakan teknologi yang menggabungkan objek virtual dengan lingkungan nyata secara *real-time*. Dalam pembelajaran, teknologi ini dapat digunakan untuk menghadirkan objek tiga dimensi yang sebelumnya hanya dapat dilihat melalui gambar atau model fisik. Potensi tersebut menjadikan AR relevan untuk materi yang memerlukan visualisasi dan interaksi langsung dengan objek (Garzón et al., 2021; Chiang et al., 2022).

C. Sistem Komputer

Sistem Komputer pada pembelajaran SMK mencakup pemahaman mengenai perangkat keras, perangkat lunak, hubungan antarkomponen, serta proses dasar yang mendukung kerja komputer. Materi seperti motherboard, CPU, memori, penyimpanan, perangkat input-output, sistem operasi, dan troubleshooting membutuhkan representasi yang jelas agar siswa tidak hanya menghafal istilah, tetapi juga memahami fungsi dan hubungan antarkomponen (Dharmawan & Arisandi, 2023; Hartono et al., 2024).

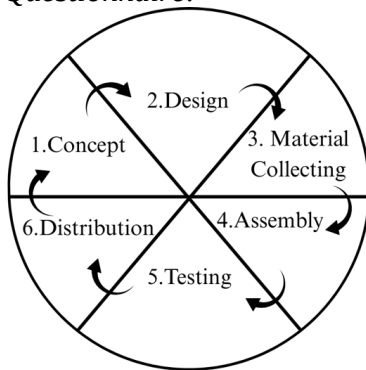
D. Multimedia Development Life Cycle

MDLC merupakan pendekatan pengembangan multimedia yang mencakup enam tahap, yaitu concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution. Model tersebut digunakan pada penelitian ini karena produk mengintegrasikan berbagai aset multimedia dalam satu aplikasi sehingga setiap

komponen dapat direncanakan, dibuat, diuji, dan didistribusikan secara sistematis (Sitompul et al., 2024).

3. Metode Penelitian dan Implementasi

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan multimedia dengan model Multimedia Development Life Cycle (MDLC). Pemilihan MDLC disesuaikan dengan karakteristik produk berupa aplikasi Android berbasis AR yang mengintegrasikan teks, gambar, audio, animasi, dan objek tiga dimensi. Tahapan pengembangan terdiri atas concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution. Produk divalidasi oleh dua ahli media dan satu ahli materi sebelum diterapkan kepada 36 siswa kelas X PPLG 1 SMKN 2 Semarang. Data penelitian diperoleh melalui observasi, dokumentasi, angket validasi ahli, dan *USE Questionnaire*.



Gambar 1. MDLC

A. Concept

Tahap concept menetapkan sasaran pengguna, tujuan media, materi yang akan disajikan, dan bentuk aplikasi. Sasaran media adalah siswa kelas X PPLG di SMKN 2 Semarang dengan fokus materi Sistem Komputer. Aplikasi dirancang sebagai media pendukung yang menampilkan objek 3D melalui Mode AR serta menyediakan materi, kuis, game, dan informasi.

B. Design

Tahap design menghasilkan rancangan antarmuka dan alur aplikasi melalui flowchart, storyboard, use case, activity diagram, rancangan marker, dan struktur materi. Pada tahap ini ditentukan interaksi pengguna dengan fitur Mode AR, Materi, Kuis, Game, Informasi, dan Keluar.

C. Material Collecting

Material collecting mencakup pengumpulan materi Sistem Komputer, model 3D, marker, gambar, ikon antarmuka, audio, animasi, serta soal kuis. Materi disusun berdasarkan kebutuhan pembelajaran yang digunakan di sekolah sehingga isi aplikasi tetap berada dalam lingkup materi Sistem Komputer.

D. Assembly

Tahap assembly merupakan proses integrasi seluruh komponen menjadi aplikasi Android. Objek 3D dibuat dan disiapkan menggunakan Blender, Unity digunakan sebagai lingkungan utama pengembangan, sedangkan Vuforia SDK digunakan untuk implementasi marker-based AR. VS Code digunakan sebagai alat bantu penulisan dan penyuntingan kode.

E. Testing

Pengujian dilakukan menggunakan Black Box Testing. Pengujian mencakup fungsi menu utama, Mode AR, materi, kuis, game, informasi, navigasi, dan keluar. Tujuannya adalah memastikan setiap fungsi memberikan keluaran sesuai skenario sebelum aplikasi dinyatakan siap digunakan.

F. Distribution

Setelah melalui pengujian dan penyempurnaan, aplikasi didistribusikan kepada guru dan siswa untuk digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Tahap ini menjadi penghubung antara produk yang telah dikembangkan dengan proses implementasi di kelas.

G. Implementasi Media

Implementasi dilakukan setelah produk melalui pengembangan, pengujian, validasi, dan revisi. Pelaksanaan diawali dengan koordinasi dengan guru, pembagian QR Code untuk mengunduh aplikasi, dan instalasi pada perangkat Android siswa. Peneliti menjelaskan tujuan penggunaan media, fungsi setiap menu, dan langkah pemindaian marker. Siswa kemudian menggunakan Mode AR untuk menampilkan objek 3D, membuka Materi, menjalankan audio dan animasi, mengerjakan Kuis sebagai latihan mandiri, mencoba Game, serta membuka Informasi. Selama penggunaan berlangsung, peneliti melakukan observasi dan dokumentasi. Setelah seluruh kegiatan selesai, siswa mengisi *USE Questionnaire* yang mencakup kebermanfaatan, kemudahan

penggunaan, kemudahan dipelajari, dan kepuasan. Dengan demikian, implementasi penelitian mencakup penerapan langsung media kepada pengguna sasaran dan pengumpulan tanggapan setelah penggunaan.

H. Subjek, Instrumen, dan Analisis Data

Subjek penelitian terdiri atas 36 siswa kelas X PPLG 1 SMKN 2 Semarang. Validasi produk melibatkan dua ahli media dan satu guru mata pelajaran sebagai ahli materi. Instrumen meliputi observasi, dokumentasi, angket validasi ahli media, angket validasi ahli materi, dan USE Questionnaire. Skala penilaian menggunakan empat kategori, yaitu Sangat Setuju (4), Setuju (3), Tidak Setuju (2), dan Sangat Tidak Setuju (1). Persentase dihitung dengan rumus $P = (\text{skor diperoleh} / \text{skor maksimum}) \times 100\%$. Kriteria kelayakan adalah 76–100% sangat layak, 51–75% layak, 26–50% tidak layak, dan 0–25% sangat tidak layak. Kriteria daya tarik adalah 76–100% sangat tinggi, 51–75% tinggi, 26–50% rendah, dan 0–25% sangat rendah. Kuis hanya digunakan sebagai latihan mandiri dan bukan instrumen pengukuran peningkatan hasil belajar. Penelitian juga tidak menggunakan pretest, posttest, uji t, atau N-Gain.

Tabel 1. Kriteria Penilaian

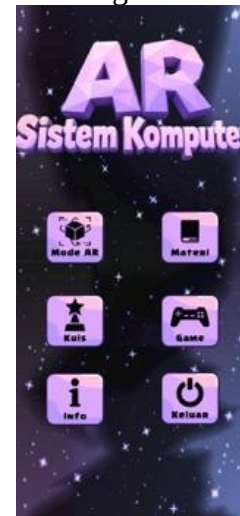
Persentase	Kelayakan	Daya Tarik
76–100%	Sangat Layak	Sangat Tinggi
51–75%	Layak	Tinggi
26–50%	Tidak Layak	Rendah
0–25%	Sangat Tidak Layak	Sangat Rendah

4. Hasil dan Pembahasan

A. Implementasi Media

Media berhasil diterapkan pada siswa kelas X PPLG 1 SMKN 2 Semarang setelah melalui pengembangan, pengujian, validasi, dan penyempurnaan. Pada awal kegiatan, siswa memperoleh QR Code aplikasi dan melakukan instalasi pada perangkat Android. Peneliti memberikan penjelasan mengenai tujuan penggunaan media, cara menjalankan aplikasi, dan langkah pemindaian marker. Selanjutnya siswa menggunakan Mode AR untuk menampilkan objek tiga dimensi, mempelajari materi, menjalankan audio dan animasi, mengerjakan kuis sebagai latihan mandiri, mencoba game, dan membuka menu informasi.

Keterlaksanaan penggunaan diamati secara langsung dan didukung dokumentasi kegiatan.



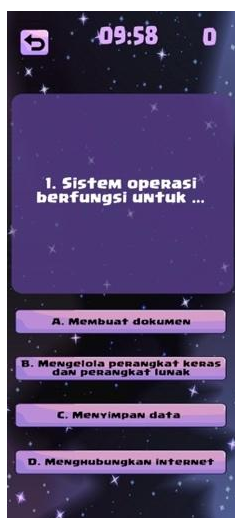
Gambar 2. Tampilan Menu Utama



Gambar 3. Tampilan Mode Scan AR



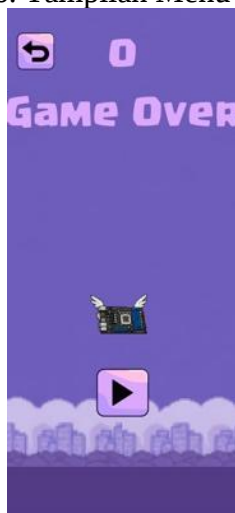
Gambar 4. Tampilan Menu Materi



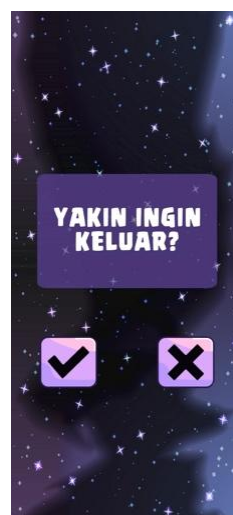
Gambar 5. Tampilan Menu Kuis



Gambar 6. Tampilan Menu Informasi



Gambar 7. Tampilan Menu Game



Gambar 8. Tampilan Menu Keluar

Pada Mode AR, objek virtual ditampilkan setelah sistem berhasil mengenali marker melalui kamera. Pengguna dapat menggunakan tombol informasi untuk melihat penjelasan, tombol audio untuk mendengarkan narasi, dan tombol play untuk menjalankan animasi. Menu Materi digunakan untuk memilih topik Sistem Komputer, sedangkan Kuis, Game, dan Informasi berfungsi sebagai fitur pendukung. Dengan demikian, implementasi media bukan sekadar distribusi aplikasi, tetapi mencakup penggunaan nyata fitur yang dirancang untuk mendukung proses pembelajaran.

B. Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional menggunakan *Black Box Testing* untuk memastikan fitur utama memberikan keluaran sesuai skenario. Pengujian mencakup pembukaan aplikasi, navigasi, pemindaian marker, penampilan objek 3D, pemutaran audio, animasi, akses materi, kuis, game, informasi, dan fungsi keluar. Hasil pengujian digunakan sebagai dasar untuk menyatakan aplikasi siap digunakan pada tahap implementasi pengguna.

Tabel 2. Hasil *Black Box Testing*

Fitur	Skenario	Hasil
Menu Utama	Dibuka	Berhasil
Scan AR	Marker dikenali	Berhasil
Audio	Tombol audio ditekan	Berhasil
Animasi	Tombol play ditekan	Berhasil
Materi	Topik dipilih	Berhasil
Kuis	Jawaban dipilih	Berhasil

Game	Play ditekan	Berhasil
Keluar	Konfirmasi ditekan	Berhasil

C. Hasil Validasi dan Kelayakan Media



Gambar 9. Ahli Media dan Ahli Materi

Validasi dilakukan sebelum implementasi untuk memastikan media memenuhi aspek kelayakan. Ahli media menilai aspek tampilan, kualitas konten, dan kelayakan distribusi, sedangkan ahli materi menilai sistematika penyajian, relevansi, dan kesesuaian materi Sistem Komputer. Masukan validator digunakan untuk penyempurnaan produk sebelum digunakan pada siswa.



Gambar 10. Implementasi Media

Hasil penilaian ahli media sebesar 71,6% berada pada kategori layak, sedangkan ahli materi sebesar 76,6% dan siswa sebesar 86% berada pada kategori sangat layak. Rekapitulasi menghasilkan 78,09% dan berada pada kategori sangat layak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa media memenuhi kriteria kelayakan dari sisi media, materi, dan tanggapan pengguna.

Tabel 3. Hasil Uji Kelayakan

Validator	Persentase	Kategori
Ahli Media	71,6%	Layak
Ahli Materi	76,6%	Sangat Layak
Siswa	86%	Sangat Layak
Akumulasi	78,09%	Sangat Layak

D. Daya Tarik dan Respons Pengguna

Tanggapan siswa diperoleh setelah media digunakan secara langsung melalui *USE Questionnaire* yang mencakup kebermanfaatan, kemudahan penggunaan, kemudahan dipelajari, dan kepuasan. Penilaian siswa memperoleh 86% dan berada pada kategori sangat layak. Berdasarkan rekapitulasi penelitian, hasil daya tarik sebesar 78,09% berada pada kategori sangat tinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa media memperoleh respons positif setelah digunakan secara langsung dan memiliki karakteristik yang mendukung pengalaman belajar yang lebih interaktif.

E. Pembahasan

Implementasi media menunjukkan keterkaitan antara rancangan produk dan penggunaan nyata di kelas. Mode AR menjadi fitur utama yang memberikan visualisasi objek tiga dimensi, sedangkan Materi, Kuis, Game, dan Informasi melengkapi aktivitas belajar. Pendekatan tersebut sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa AR dapat memperkaya pengalaman belajar dan membantu penyajian konsep yang membutuhkan visualisasi (Chiang et al., 2022; Hartono et al., 2024).

Nilai kelayakan dari ahli media dan ahli materi menunjukkan bahwa media memenuhi kriteria kualitas yang ditetapkan, sedangkan tanggapan siswa menunjukkan penerimaan positif setelah penggunaan langsung. Temuan tersebut harus dibaca sesuai ruang lingkup penelitian: penelitian ini mengukur keberhasilan implementasi, kelayakan, dan respons pengguna, bukan efektivitas peningkatan hasil belajar secara kausal. Oleh karena itu, hasil penelitian mendukung penggunaan media sebagai alternatif media pendukung pembelajaran Sistem Komputer, tetapi tidak digunakan untuk menyimpulkan adanya peningkatan hasil belajar yang teruji secara statistik.

5. Kesimpulan

Media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* pada materi Sistem Komputer berhasil diimplementasikan pada 36 siswa kelas X PPLG 1 SMKN 2 Semarang. Implementasi dilakukan setelah aplikasi melalui tahapan MDLC, pengujian fungsional, validasi, dan penyempurnaan produk. Proses penerapan

meliputi distribusi dan instalasi aplikasi melalui QR Code, pengarahan penggunaan, pemanfaatan Mode AR, Materi, Kuis, Game, dan Informasi, serta observasi dan dokumentasi selama penggunaan. Dengan demikian, rumusan masalah mengenai implementasi media telah terjawab melalui penerapan langsung media kepada pengguna sasaran dalam kegiatan pembelajaran.

Media memperoleh persentase 71,6% dari ahli media dengan kategori layak, 76,6% dari ahli materi dengan kategori sangat layak, dan 86% dari siswa dengan kategori sangat layak. Rekapitulasi menghasilkan 78,09% pada kelayakan dengan kategori sangat layak, sedangkan daya tarik penelitian memperoleh 78,09% dengan kategori sangat tinggi. Dengan demikian, rumusan masalah mengenai kelayakan dan daya tarik media juga telah terjawab. Media dapat diposisikan sebagai media pendukung pembelajaran Sistem Komputer yang lebih visual dan interaktif, dengan batasan bahwa penelitian ini tidak mengukur peningkatan hasil belajar menggunakan desain eksperimen.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeniran, A. O., & Tayo-Ladega, O. T. (2024). Understanding literature review as a research method. *American International Journal of Humanities, Arts and Social Sciences*, 6(1), 26–35.
- Adi, N. H. (2025). A meta-analysis of its impact on student performance. *TEM Journal*.
- Al-Ansi, A. M., Jabooob, M. J., Garad, A., & Al-Ansi, A. (2023). Analyzing augmented reality (AR) and virtual reality (VR) recent development in education. *Social Sciences & Humanities Open*.
- Arora, A. K., Rodriguez, C., Carver, T., Zhang, H., & Schuster, T. (2024). Validation of the Blended Learning Usability Evaluation–Questionnaire (BLUE-Q) through an innovative Bayesian questionnaire validation approach. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*, 21, 31. <https://doi.org/10.3352/jeehp.2024.21.31>
- Beimel, D., Tsoury, A., & Bar Lev, S. (2023). Identifying common and persistent errors made by novice analysts when modeling business processes using UML activity diagram: Utilizing a hierarchical error classification. *Software Quality Journal*, 31, 1149–1178. <https://doi.org/10.1007/s11219-023-09628-2>
- Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2015). A survey of augmented reality. *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*, 8(2–3), 73–272.
- Chiang, F. K., Shang, Y., & Qiao, Z. (2022). Augmented reality in vocational training: A systematic review. *Computers in Human Behavior*.
- Dewanto, R., Pujiyanto, P., Wiyatmo, Y., & Yani, A. D. G. (2025). Exploring the role of augmented reality in enhancing student engagement and learning outcomes across education levels. *Jurnal Pendidikan MIPA*.
- Dharmawan, W. S., & Arisandi, D. (2023). Aplikasi augmented reality pengenalan hardware komputer di SMK Cahaya Sakti. *Simtek: Jurnal Sistem Informasi dan Teknik Komputer*.
- Dhurianti, N., & Sari, N. D. (2025). Pengembangan media pembelajaran sistem komputer berbentuk video animasi dua dimensi di SMK Istiqlal Sidomulyo. *Instink: Inovasi Pendidikan, Teknologi Informasi dan Komputer*, 4(2), 69–78. <https://doi.org/10.30599/xnj48p63>
- Fiqri, M. N., Hanafi, I., & Sugiyanta, L. (2022). Pemanfaatan augmented reality untuk mengembangkan media pembelajaran komputer dan jaringan dasar di SMK DKI Jakarta. *Jurnal Teknologi Pendidikan*.
- Garzón, J., Pavón, J., & Baldiris, S. (2021). Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. *Virtual Reality*, 23(4), 447–459.
- Godoy Jr, C. H. (2021). Augmented reality and gamification: A framework for developing supplementary learning tool. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2108.03487>
- Gurning, P., Maasawet, E. T., Hudiyono, Y., Subagiyo, L., Herliani, H., & Akhmad, A. (2024). Developing Canva-based learning media to increase student creativity and learning outcomes. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 10(3), 887–897. <https://doi.org/10.22199/jpbi.v10i3.33815>
- Handoyo, F., Tuwoso, T., & Budi, S. (2025). The implementation of mobile-based learning on vocational high school students:

- Systematic literature review. *Jurnal Edukasi Elektro*, 9(1), 12–24.
- Hartono, R., Riyana, A., Najamudin, & Mujahidin, E. (2024). Augmented reality-based learning media in computer systems subjects. *International Journal on Studies in Education (IJonSE)*, 6(4), 673–685. <https://doi.org/10.46328/ijonse.270>
- Hutagalung, H. M., & Rachman, F. (2023). Android-based augmented reality media in learning Pancasila and citizenship education. *Jurnal Pedagogi dan Pembelajaran*, 6(3), 385–396.
- Jongeling, R., Cicchetti, A., & Ciccozzi, F. (2025). How are informal diagrams used in software engineering? An exploratory study of open-source and industrial practices. *Software and Systems Modeling*, 24, 601–613. <https://doi.org/10.1007/s10270-024-01252-3>
- Kazlaris, G. C. (2025). Augmented reality in education through collaborative learning. MDPI.
- Koo, M. (2025). Likert-type scale. *Encyclopedia*, 5(1), Article 18. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia5010018>
- Kurnia, U. I., Septasari, D., & Awaliyani, I. (2025). Pelatihan Blender untuk pengembangan media pembelajaran augmented reality (AR) bagi mahasiswa. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bangsa*, 3(7), 3196–3201.
- Liu, Y. (2024). A systematic review of VR/AR applications in vocational education. Taylor & Francis Online.
- Masuwai, A., Zulkifli, H., & Hamzah, M. I. (2024). Evaluation of content validity and face validity of secondary school Islamic education teacher self-assessment instrument. *Cogent Education*, 11(1), Article 2308410. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2308410>
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Nugraha, A. F., Yonanda, D. A., & Azman, M. N. A. (2025). Analysis of the science learning process using Canva media on student learning participation in grade IV elementary school. *Jurnal Cakrawala Pendas*, 11(3). <https://doi.org/10.31949/jcp.v11i3.13538>
- Purba, F. J., & Haryani, C. A. (2024). Design storyboard dalam mengembangkan virtual laboratorium. Vol, 8, 323–329.
- Rahman, A., & Haque, M. R. (2025). The role of augmented reality in interactive mobile learning: Current trends and future directions. *Journal Mobile Technologies (JMS)*, 3(1), 18–30.
- Sabitri, E., et al. (2024). Application of augmented reality (AR) in vocational education: A systematic literature review. ResearchGate.
- Setiawan, R. H., Fatahillah, A., Kristiana, A. I., Susanto, S., & Adawiyah, R. (2023). Pengembangan media pembelajaran augmented reality pada materi bangun ruang sisi datar untuk meningkatkan motivasi belajar siswa. *Jurnal Edukasi*, 10(2), 1–10.
- Shaghaghian, Z., Burte, H., Song, D., & Yan, W. (2022). An augmented reality application and user study for understanding and learning spatial transformation matrices. *Computers & Education*.
- Shoji, Y., Irwan, A. M., Ochiai, R., Syahrul, S., Shinohara, E., Fiqri, A. M., Takeuchi, S., Erfina, E., Iida, M., Saleh, A., Moriguchi, F., Nakamura, S., & Kanoya, Y. (2025). Development of Japanese and Indonesian versions of the electronic-Health Literacy Scale. *JMA Journal*, 8(4), 1153–1164. <https://doi.org/10.31662/jmaj.2024-0282>
- Sitompul, L. R., Situmorang, R., Kustandi, C., & Tammu, R. (2024). Preliminary study needs analysis developing a relevant and effective learning model design of genetics course. *Proceedings International Conference on Digital Education and Social Science*. <https://doi.org/10.55506/icdess.v2i1.81>
- Sulistiyono, M., Hasyim, J. W., Bernadhed, B., Liantoni, F., & Sidauruk, A. (2024). Comparative study of marker-based and markerless tracking in augmented reality under variable environmental conditions. *Journal of Soft Computing Exploration*, 5(4), 413–422.
- Supriyanto, S., et al. (2023). Application of augmented reality (AR) in vocational education: A research study. ScholarHub UNY.
- Sutrisno, J., & Karnadi, V. (2021). Aplikasi pendukung pembelajaran bahasa Inggris

- menggunakan media lagu berbasis Android. *Computer and Science Industrial Engineering (COMASIE)*, 4(6), 31–41.
- Taherdoost, H. (2021). Data collection methods and tools for research: A step-by-step guide to choose data collection technique for academic and business research projects. *International Journal of Academic Research in Management (IJARM)*, 10(1), 10–38.
- Trisnawati, N., Pahlevi, T., Rosy, B., Farida Panduwinata, L., & Yogie Hermanto, F. (2021). Students' statements on utilization of learning media during online learning in the Covid-19 pandemic in Indonesia. *SAR Journal - Science and Research*, 4(3), 128–132. <https://doi.org/10.18421/SAR43-05>
- Weston, L. E., Krein, S. L., & Harrod, M. (2021). Using observation to better understand the healthcare context. *Qualitative Research in Medicine & Healthcare*, 5(3), 9821.
- Widyaningsih, O. (2025). Persepsi dan pemanfaatan teknologi augmented reality untuk siswa SMK. *Jurnal Pendidikan Sang Surya*.
- Wijaya, R. E., Mustaji, & Sugiharto, H. (2021). Development of mobile learning in learning media to improve digital literacy and student learning outcomes in physics subjects: Systematic literature review. *BIRCI-Journal of Humanities and Social Sciences*, 4(2), 3087–3098. <https://doi.org/10.33258/birci.v4i2.2027>
- Wisesa, M. G. P., & Pamudji, R. A. N. (2025). Penerapan augmented reality sebagai sarana edukasi pengenalan jenis transportasi umum di Indonesia menggunakan Unity 3D dan Vuforia. *IKRAM: Jurnal Ilmu Komputer Al Muslim*, 4(2).
- Wu, X., Li, X., Su, T., Liang, J., Wang, L., Huang, Q., ... & Xiang, R. (2023). Development and validation of a questionnaire to evaluate the knowledge, attitude, behaviour and care preference of family members of Chinese older adults related to palliative care. *Nursing Open*, 10(2), 673–686.
- Yoo, D. W., Reza, S., Wilson, N., Jona, K., & Moghaddam, M. (2023). Augmenting learning with augmented reality: Exploring the affordances of AR in supporting mastery of complex psychomotor tasks. *arXiv*.