

DEVELOPMENT OF *AUGMENTED REALITY* (AR) LEARNING MEDIA ON THE SUBJECT OF BASIC ELECTRONICS: BASIC CONCEPTS OF ELECTRICAL CURRENT FOR VOCATIONAL SCHOOL STUDENTS IN THE FIELD OF ELECTRONICS EXPERTISE

Shalsa Bila Amania, Hendra Hidayat

^{1,2}*Department of Electronics Engineering Education, Padang State University*

Email : shalsaamania@gmail.com

Abstrak

Salah satu penyebab kurangnya pemahaman konseptual siswa SMK di bidang keahlian elektronika adalah adanya kesenjangan antara cara penyampaian pembelajaran yang pasif dan sifat belajar siswa sebagai generasi yang memprioritaskan visual dan digital. Hal ini berdampak pada rendahnya penguasaan kompetensi dasar lulusan, terutama dalam memahami materi abstrak dan tak terlihat. Salah satu materi yang paling terpengaruh adalah konsep dasar arus listrik, yang merupakan landasan utama untuk memahami materi elektronika tingkat lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) dengan platform Assemblr EDU untuk memvisualisasikan konsep dasar arus listrik, serta menguji kelayakannya sebagai alat bantu belajar. Metode penelitian yang digunakan adalah *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) yang meliputi konsep, desain, pengumpulan materi, pembuatan, dan pengujian. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui validasi dari pakar materi, pakar media, dan kuesioner tanggapan siswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran AR yang dikembangkan sangat layak dan mampu membantu siswa memahami konsep dasar arus listrik secara lebih nyata, visual, dan interaktif, sesuai dengan karakteristik pembelajaran vokasional.

Kata kunci = *Augmented Reality*, Media Pembelajaran, Konsep Dasar Arus Listrik, SMA/SMK, Assemblr EDU, MDLC

Abstract

One of the causes of the lack of conceptual understanding of Vocational High School (SMK) students in the field of electronics expertise is the discrepancy between the passive way of delivering learning and the nature of student learning as a generation that prioritizes visual and digital. This has an impact on the low mastery of basic competencies of graduates, especially in understanding abstract and invisible material. One of the most affected materials is the basic concept of electric current, which is the main foundation for understanding advanced electronics materials. This study aims to create a learning media based on *Augmented Reality* (AR) with Assemblr EDU platform to visualize the basic concepts of electric current, as well as test its feasibility as a learning aid. The research method used is *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) which includes concept, design, material collection, creation, and testing. The data collection technique is done through validation from material experts, media experts, and student response questionnaires. The results showed that the AR learning media that was developed was quite feasible and able to help students understand the basic concepts of electric current in a more real, visual, and interactive way, in accordance with the characteristics of vocational learning.

Keywords = *Augmented Reality*, Learning Media, Basic Concepts of Electric Current, Vocational High School (SMK), Assemblr EDU, MDLC

PENDAHULUAN

Pengembangan kompetensi kerja melalui penguasaan konsep dasar dan keterampilan aplikatif yang sesuai dengan kebutuhan dunia kerja merupakan fokus utama pada pembelajaran di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) (Billett, S, 2020), (UNESCO-

UNEVOC. 2021). Konsep dasar arus kelistrikan sangat penting untuk keahlian teknik elektronika karena membantu memahami materi elektronika lanjutan (Alexander & Sadiku, 2024). Namun, penelitian menunjukkan bahwa konsep ini termasuk materi yang cukup sulit bagi siswa untuk memahami. (Sari & Setiawan, 2020)

mengidentifikasi adanya kesalahpahaman mendasar, seperti anggapan bahwa arus listrik habis setelah melewati resistor, kesalahan dalam memahami hubungan antara arus dan tegangan, serta kebingungan terkait pengaruh komponen pasif terhadap besarnya arus dalam rangkaian. Temuan ini menunjukkan bahwa pemahaman siswa masih didominasi oleh representasi permukaan dan belum terbentuk model mental yang akurat tentang fenomena listrik.

Kondisi ini menjadi krusial karena penguasaan konsep arus listrik yang lemah langsung memengaruhi kesulitan siswa dalam mempelajari materi tingkat lanjut, seperti rangkaian DC dan AC, elektronika daya, sistem digital, serta sistem kontrol. Dalam konteks pendidikan vokasi, masalah ini tidak sekedar berdampak pada keberhasilan akademik yang rendah, tetapi juga berpotensi menghambat kesiapan siswa untuk memenuhi tuntutan kompetensi kerja di dunia industri.

Faktor yang paling berkontribusi pada rendahnya pemahaman konsep arus kelistrikan ialah sifatnya yang abstrak dan tidak terlihat secara langsung (Fadilah & Samsudin, 2022). Arus listrik tidak dapat diamati secara kasat mata, sehingga hanya direpresentasikan melalui simbol, persamaan matematika, dan diagram rangkaian. Pembelajaran yang masih didominasi oleh penjelasan verbal, penyajian rumus, serta gambar dua dimensi statis cenderung tidak mampu menggambarkan proses dinamis aliran muatan dan interaksi antarkomponen dengan baik, sehingga siswa sulit untuk menghubungkan representasi simbolik dengan fenomena fisik.

Kondisi ini juga diperparah oleh karakteristik siswa saat ini, yang tumbuh di lingkungan digital dan terbiasa berinteraksi dengan konten visual serta multimedia interaktif. Data dari (We Are Social, 2025) menunjukkan bahwa lebih dari 70% populasi Indonesia merupakan pengguna internet aktif, sementara (APJII, 2023) mencatat peningkatan signifikan pengguna internet, yang didominasi oleh pelajar dan mahasiswa. Realitas ini menjelaskan bahwa pendekatan pembelajaran konvensional dengan visualisasi interaktif yang minim semakin kurang selaras dengan karakteristik belajar generasi sekarang.

Teori pembelajaran multimedia menekankan bahwa kombinasi visual dan verbal yang tepat dapat meningkatkan pemahaman konseptual (Mayer, 2020). Sejalan dengan itu, *Cognitive Load Theory* menyoroti pentingnya penyajian informasi secara terstruktur untuk menghindari beban kognitif berlebih pada memori kerja siswa (Sweller, 2011)). Oleh karena itu, media pembelajaran yang dapat memvisualisasikan fenomena abstrak secara langsung sekaligus mendukung pemrosesan informasi yang efektif sangat penting.

Augmented Reality (AR) menawarkan potensi untuk memenuhi kebutuhan ini dengan menyajikan objek virtual tiga dimensi yang terintegrasi dengan lingkungan nyata secara real-time. Beberapa penelitian melaporkan bahwa AR efektif dalam membantu visualisasi konsep abstrak di bidang sains dan teknik (Azuma, 1997; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018). Namun, penelitian dan pengembangan media AR yang secara spesifik difokuskan pada visualisasi konseptual arus listrik dalam konteks pembelajaran vokasi di SMK masih terbatas, dan umumnya tidak diarahkan untuk membangun pemahaman konseptual dasar, melainkan lebih digunakan sebagai alat simulasi atau demonstrasi umum.

Dengan mempertimbangkan kesenjangan ini, penelitian ini bertujuan untuk menciptakan dan menguji kelayakan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* menggunakan platform Assemblr EDU, yang dirancang khusus untuk memvisualisasikan konsep dasar arus kelistrikan sesuai dengan karakteristik pembelajaran vokasi. Media yang dikembangkan dimaksudkan sebagai sarana visualisasi konseptual untuk membantu siswa memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang fenomena arus listrik

METODE

Metode *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) Luther yang dimodifikasi oleh Sutopo, digunakan dalam penelitian ini. Metode ini terdiri dari enam tahapan yaitu *Concept, Design, Material Collecting, Assembly, Testing*, dan *Distribution* (Sutopo, 2012). metode ini dipilih karena kemampuan untuk mengintegrasikan elemen kreativitas dan teknologi secara terpadu. Metode ini juga

fleksibel dan mudah disesuaikan dengan platform Assembly EDU.

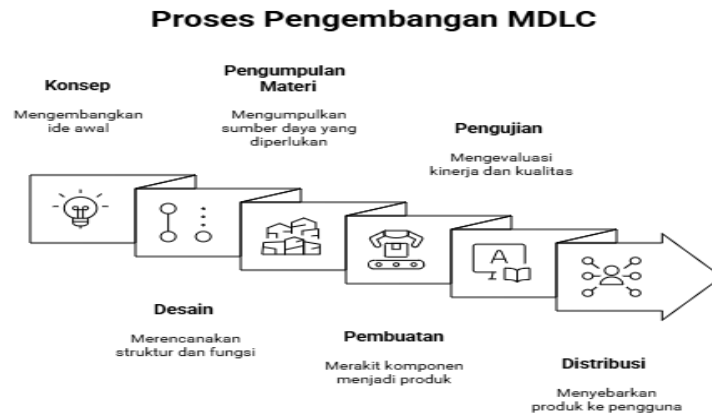


Fig. 1 Bagan Tahapan Metode MDLC

A. Tahap Concept

Tahap ini dimulai dengan melakukan analisis kebutuhan pembelajaran untuk mengidentifikasi kesulitan belajar siswa pada konsep dasar arus kelistrikan. Berdasarkan analisis, disimpulkan bahwa media yang dirancang ialah media pembelajaran interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) dengan tujuan untuk memfasilitasi konstruksi

pemahaman konseptual terhadap materi fundamental arus kelistrikan yang tidak dapat diamati secara langsung.

B. Tahap Design

Pada tahap ini dimulai dengan perancangan flowchart alur interaksi pengguna dengan objek AR untuk memastikan pengalaman belajar yang intuitif dan terstruktur.

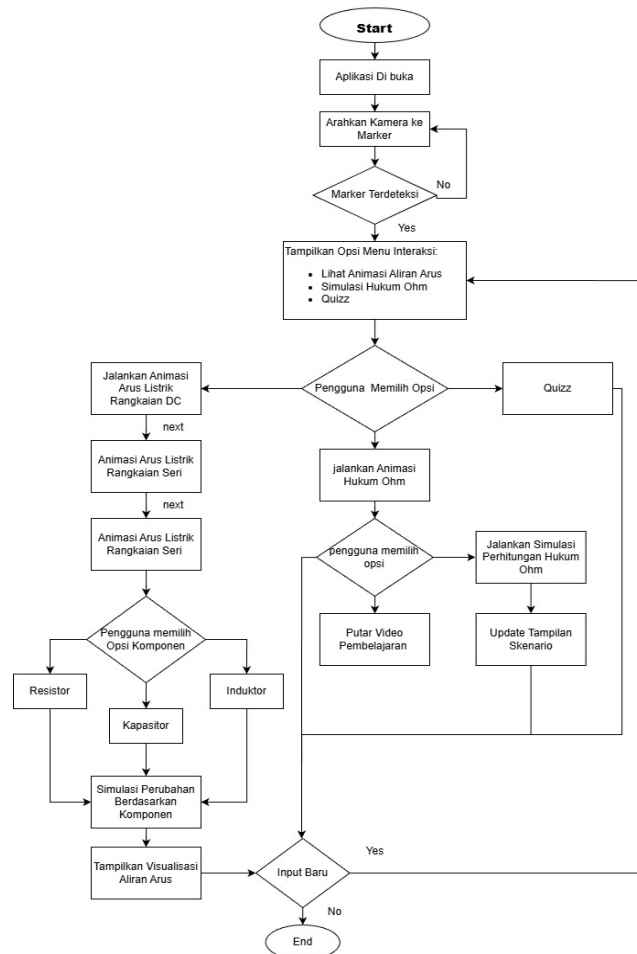


Fig. 2 Flowchart perancangan sistem media pembelajaran AR

Flowchart pada gambar 2 menggambarkan tahapan proses utama dalam aplikasi, dimulai dengan scan marker, navigasi ke menu utama, pemilihan modul pembelajaran, *marker tracking*, kemudian proses menampilkan objek 3D, Animasi Hukum Ohm dan fitur kuis. Pada struktur menu, setiap node percabangan menampilkan pengambilan keputusan user, dan alur akhir berfungsi mengaktifkan tampilan output atau mengarahkan kembali ke menu sebelumnya.

Pengembangan representasi visual 3D yang dapat menunjukkan konsep arus listrik dan interaksi antar komponen secara realistis dan dinamis adalah fokus dari tahap desain. Oleh karena itu, model 3D dibuat dengan memanfaatkan perangkat lunak pemodelan Blender, yang merupakan perangkat lunak yang mendukung presisi objek, fleksibilitas tekstur, dan kompatibilitas dengan platform *Augmented Reality*.

C. Tahap Material Collecting

Proses pengumpulan materi meliputi pengumpulan semua elemen multimedia yang diperlukan, seperti gambar, video, audio, teks, dan kuis. Sebagai bahan utama visualisasi yang disimpan dalam format, aset visual tiga dimensi dipersiapkan.GLB untuk membuatnya kompatibel dengan Blender 3D. Namun, aset pendukung seperti cerita, teks penjelasan, dan ikon interaksi dibuat untuk melengkapi konten pembelajaran secara menyeluruh.

D. Tahap Assembly

Pada tahap ini, konten media pembelajaran yang sudah terkumpul digabungkan ke dalam satu kesatuan media pembelajaran berbasis AR di platform Assembly EDU untuk memenuhi kebutuhan visualisasi konsep arus kelistrikan. Proyek akhir diekspor menjadi berkas QR Code atau *link* yang dapat dijalankan di perangkat *Android*.

E. Tahap Testing

Tahap uji coba dilakukan untuk menilai kelayakan media pembelajaran dari sudut pandang pengguna. Ini juga memastikan bahwa media pembelajaran memenuhi kebutuhan dan sesuai dengan tujuan pembelajaran. Dua pakar materi pelajaran dan dua pakar media terlibat dalam proses validasi ahli untuk menilai kesesuaian media. Mereka adalah dosen dari Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Padang dan guru dari Program Teknik Audio Video (TAV) di SMK Negeri 5 Padang.

Selain validasi ahli, pengujian media juga mencakup uji coba terbatas dengan partisipasi 13 siswa kelas X dari Program TAV di SMK Negeri 5 Padang sebagai pengguna akhir, guna memperoleh gambaran awal mengenai tingkat penerimaan dan kemudahan penggunaan media tersebut.

Instrumen yang digunakan dalam uji coba adalah kuesioner penilaian skala Likert lima poin. Data dari validasi dan uji coba terbatas dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif dengan menghitung persentase skor yang diperoleh pada setiap aspek penilaian untuk menentukan tingkat kesesuaian dan penerimaan media pembelajaran.

$$\text{persentase} = \frac{\text{skor yang diperoleh}}{\text{skor maksimum}} \times 100\%$$

(1)

Hasil perhitungan kemudian diinterpretasikan berdasarkan kriteria yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Persentase Kriteria Validitas

Skor	Kriteria
81%-100%	Sangat Layak
61%-80%	Layak
41%-60%	Kurang Layak
21%-40%	Tidak Layak
0%-20%	Sangat Tidak Layak

F. Tahap *Distribution*

Tahap ini tidak diimplementasikan mengingat penelitian ini dibatasi pada aspek perancangan dan uji kelayakan media saja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Media Pembelajaran

Hasil akhir perancangan ialah sebuah media pembelajaran berbasis AR yang dapat dijalankan pada perangkat Android. Media

mencakup tampilan antarmuka media, struktur konten pembelajaran, objek tiga dimensi rangkaian arus listrik, serta skenario interaksi pengguna dalam platform Assemblr EDU. Penyajian hasil difokuskan pada deskripsi karakteristik produk dan kesesuaiannya dengan kebutuhan pembelajaran vokasional.

Media pembelajaran dapat diakses melalui *scan QR* untuk memudahkan pengguna melalui teknologi QR code, yang memungkinkan interaksi langsung dengan konten *Augmented Reality*. Pengguna dapat memindai kode QR yang disediakan pada materi cetak atau digital menggunakan aplikasi pemindai QR standar.



Fig. 3 Marker Media Pembelajaran

1. Halaman Menu Utama



Fig. 4 Halaman Menu Utama

Antarmuka menu utama menerapkan prinsip segmentasi (*segmenting principle*) untuk mengurangi beban kognitif dan memfasilitasi alur belajar yang logis. Halaman terdiri dari tiga opsi inti: (1) Animasi Aliran Arus Listrik sebagai pengantar visual konsep dasar, (2) Simulasi Hukum Ohm sebagai laboratorium virtual interaktif untuk eksplorasi dan eksperimen, serta (3) Kuis sebagai alat evaluasi formatif untuk mengukur pemahaman.

2. Animasi Aliran Arus Listrik



Fig. 5 Tampilan Animasi Aluran Listrik

Halaman ini menyajikan empat animasi interaktif yang dikembangkan dengan merujuk pada prinsip *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML). Animasi tersebut meliputi: (1) visualisasi aliran arus DC yang menerapkan prinsip multimedia dan kontiguitas spasial untuk mengkonkretkan konsep arus; (2) visualisasi rangkaian seri dan paralel guna menekankan perbedaan distribusi arus dan tegangan secara relasional; (3) simulasi interaksi arus dengan komponen pasif (R, L, C) yang mengoptimalkan prinsip; serta (4) visualisasi Hukum Ohm dalam bentuk eksperimen virtual interaktif yang sesuai prinsip koherensi.

3. Video Pembelajaran

Video pembelajaran yang diberikan menyajikan penjelasan konseptual. Simulasi visual berbasis AR dimanfaatkan untuk menggambarkan fenomena listrik secara

interaktif, sehingga representasi simbolik dalam video dapat dihubungkan secara langsung dengan perilaku konkret arus di dalam rangkaian.

4. Simulasi Hukum Ohm

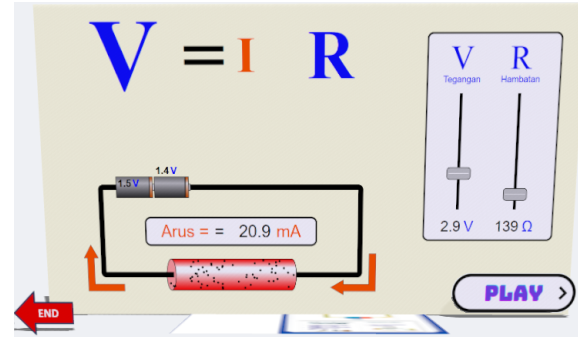


Fig. 6 Tampilan Simulasi Hukum Ohm

Menu ini mengaplikasikan prinsip koherensi melalui antarmuka minimalis yang menekankan hubungan V, I, dan R, serta prinsip aktivitas generatif melalui interaktivitas slider yang memberikan umpan balik langsung. Eksperimen virtual ini memfasilitasi pembelajaran penemuan terbimbing, di mana siswa dapat menguji hipotesis dan mengamati hubungan proporsional secara real-time.

5. Kuis

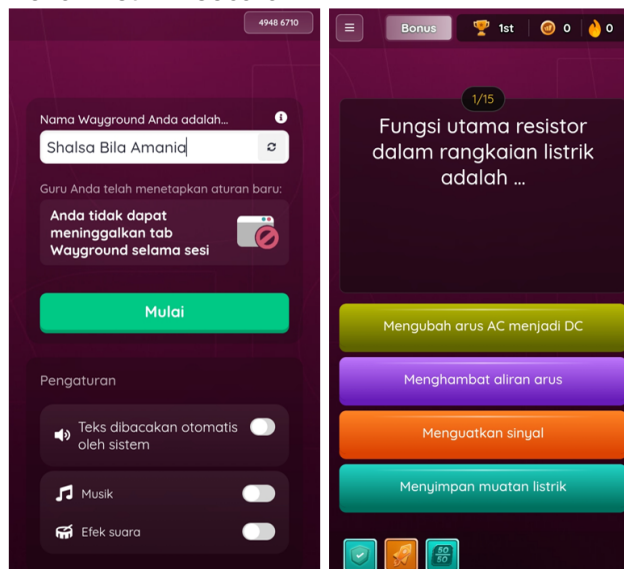


Fig. 7 Halaman Kuis

Halaman kuis berfungsi untuk mengevaluasi pengguna. Desain yang informatif dan hierarkis dimulai dengan indikator perkembangan di bagian atas, panel pertanyaan, serta empat opsi pilihan ganda. Jika pengguna belum menyelesaikan kuis, maka tidak bisa kembali ke halaman utama.

Setelah semua pertanyaan dijawab, muncul *pop-up* yang menampilkan skor akhir kuis dan *pop-up* yang muncul untuk memberikan informasi mengenai kuis yang baru saja diselesaikan.

B. Hasil Pengujian

1. Hasil Validasi Materi

Validasi materi dilakukan untuk menilai kelayakan media pembelajaran AR yang telah dikembangkan, ditinjau dari aspek

materi, bahasa, visualisasi, dan soal evaluasi. Penilaian dilakukan oleh ahli materi menggunakan instrumen validasi.

Tabel 2 Hasil Validasi Media

Aspek Penilaian	Hasil Validasi Ahli Materi			
	Ahli 1		Ahli 2	
	skor	persentase	skor	persentase
Materi	29	96,70%	29	96,70%
Bahasa	14	93,30%	15	100%
Visualisasi	13	86,70%	14	93,33%
Soal Evaluasi	13	86,70%	14	93,33%
Total	69	92%	72	96%
Kategori	Sangat Layak		Sangat Layak	

Berdasarkan hasil perhitungan didapati rata-rata keseluruhan 94%, capaian nilai tersebut menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan telah memenuhi kriteria sangat layak sesuai dengan perspektif ahli materi.

Validasi media oleh ahli dilakukan untuk mengevaluasi kesesuaian media pembelajaran, yang dievaluasi dari aspek kemampuan Multimedia 3D interaktif, organisasi tampilan, interaktivitas, dan penilaian Keseluruhan.

2. Hasil Validasi Media

Tabel 3 Hasil Validasi Media

Aspek Penilaian	Hasil Validasi Ahli Materi			
	Ahli 1		Ahli 2	
	skor	persentase	skor	persentase
Kemampuan 3D Multimedia Interaktif	21	84%	24	96%
Pengorganisasi Tampilan	24	96%	23	92%
Keinteraktifan	5	100%	5	100%
Penilaian Keseluruhan	16	80%	18	90%
Total	66	88%	70	93,30%
Kategori	Sangat Layak		Sangat Layak	

Hasil validasi media oleh para ahli menunjukkan bahwa media pembelajaran *Augmented Reality* berbasis Assemblr EDU telah memenuhi kriteria kelayakan dengan rata-rata 90,7%. Hal ini menunjukkan bahwa media pembelajaran ini dapat dilanjutkan ke tahap uji coba sesuai dengan fase penelitian dan pengembangan.

Uji coba dilaksanakan dengan siswa kelas X TAV SMK N 5 Padang pada tanggal 2 Februari 2026. Sesuai dengan tujuan uji coba, setiap peserta diharuskan untuk mengeksplorasi semua fitur aplikasi, termasuk navigasi menu utama, interaksi dengan modul pembelajaran AR, dan mengerjakan kuis. Setelah menggunakan aplikasi, responden diminta untuk mengisi

3. Hasil Uji Coba Terbatas

instrumen penilaian, yang terdiri dari serangkaian pernyataan tertutup.

Tabel 4 Angket Uji Coba Terbatas

No	Aspek Penilaian						Total %
	Ketertarikan	Materi	Kebahasaan	Teknis	Visual	Evaluasi	
1	13	14	14	9	15	5	93,30%
2	14	13	13	10	11	5	88%
3	14	14	14	8	13	4	89,30%
4	15	13	14	10	14	5	94,70%
5	14	15	14	10	13	5	94,70%
6	13	14	15	9	14	5	93,30%
7	14	15	14	7	14	4	90,10%
8	14	13	13	10	13	4	89,30%
9	13	15	15	10	15	5	97,30%
10	14	14	15	9	13	5	93,30%
11	15	14	13	9	13	4	90,70%
12	13	15	14	10	14	4	93,30%
13	14	14	15	10	13	5	94,70%
Rata-rata							92,50%

Hasil uji coba mengindikasikan bahwa media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) memiliki tingkat kelayakan yang tinggi dan penerimaan pengguna yang kuat. Hal ini berarti bahwa media tersebut memenuhi persyaratan fungsional dan pedagogis yang mendasar. Temuan ini juga menunjukkan bahwa interaksi siswa dengan objek 3D dan simulasi AR berpotensi meningkatkan kejelasan representasi konsep dan mendorong partisipasi aktif dalam proses pembelajaran.

C. Pembahasan

Hasil perancangan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) untuk Konsep Dasar Arus Kelistrikan menggunakan metode MDLC menunjukkan bahwa media ini memenuhi standar kelayakan dan mencapai tingkat penerimaan pengguna yang tinggi. Hasil ini sejalan dengan studi sebelumnya yang melaporkan bahwa AR dapat meningkatkan kejelasan konsep abstrak dalam pendidikan sains dan teknik melalui visualisasi tiga dimensi dan interaksi langsung. Oleh karena itu, media yang dikembangkan dalam penelitian ini memperkuat bukti empiris yang mendukung penerapan AR dalam pendidikan vokasi,

khususnya dalam mata pelajaran Dasar-Dasar Elektronik di sekolah menengah kejuruan (SMK).

Berbeda dengan penelitian sebelumnya (Hsu, 2020), yang menyoroti pengaruh *Augmented Reality* dalam meningkatkan motivasi dan pemahaman konsep fisika abstrak secara umum, media yang dirancang dalam penelitian ini menggambarkan konsep arus listrik secara holistik, mencakup arah aliran arus, sifat sirkuit seri dan paralel, interaksi arus dengan komponen pasif, serta korelasi kuantitatif yang didasarkan pada Hukum Ohm. Integrasi domain konseptual ini mengubah peran media dari sekadar alat demonstrasi visual menjadi aset pendidikan komprehensif untuk mengembangkan pemahaman konseptual yang selaras dengan tuntutan kurikulum sekolah menengah kejuruan yang berfokus pada elektronika.

Keberhasilan validasi media ini dapat dikaitkan dengan perspektif Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia dan Teori Beban Kognitif. Penggabungan representasi visual 3D dengan teks atau narasi yang terarah memungkinkan pemrosesan seimbang melalui saluran visual dan verbal, sehingga mengurangi beban kognitif peserta didik.

Peserta didik dapat melihat dinamika fenomena listrik dengan melihat diagram dua dimensi secara interaktif.

Meskipun media dianggap berkualitas tinggi, proses validasi juga menghasilkan beberapa rekomendasi untuk perbaikan, terutama terkait kuis evaluasi. Ini menunjukkan peluang untuk lebih menyempurnakan elemen evaluasi yang sesuai dengan karakteristik siswa SMK. Sebelum uji coba terbatas, semua masukan validator telah dimasukkan ke dalam modifikasi prototipe. Studi ini tidak menilai efektivitas pembelajaran secara eksperimental. Sebaliknya, fokus utamanya adalah uji kelayakan dan kepuasan pengguna. Dengan demikian, hasil menunjukkan kesesuaian media sebagai sumber belajar tambahan, tetapi tidak memberikan bukti kuantitatif tentang seberapa besar peningkatan hasil belajar. Untuk mengevaluasi secara statistik efektivitas media pembelajaran berbasis AR dalam meningkatkan pemahaman konsep arus listrik, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan desain eksperimental atau quasi-eksperimental.

KESIMPULAN

Kerangka kerja *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) telah membantu dalam pengembangan media pembelajaran interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) untuk konsep dasar arus kelistrikan dalam mata pelajaran Dasar-Dasar Elektronika. Hal ini dibuktikan dengan penilaian dari para ahli dan uji coba terbatas pada pengguna yang menunjukkan tingkat kelayakan melebihi 90%. Angka ini diklasifikasikan sangat layak, menunjukkan bahwa media pembelajaran memenuhi kriteria fungsional dan instruksional yang esensial untuk tujuan pembelajaran.

Validasi yang dilakukan oleh ahli materi dan ahli media mengonfirmasi kesesuaian media terkait akurasi materi, ketepatan bahasa, keunggulan grafis, struktur antarmuka pengguna, dan kemampuan operasional, serta keselarasan dengan tujuan pembelajaran, khususnya elemen 5 (Konsep Dasar Kelistrikan dan Elektronika) dan Elemen 7 (Pengaruh Besaran Listrik pada Komponen Pasif).

Penelitian ini berfokus pada uji kelayakan media tanpa mengeksplorasi dampaknya terhadap peningkatan hasil belajar melalui uji coba empiris. Oleh sebab itu, penelitian selanjutnya diharapkan untuk secara empiris menilai efektivitas media pembelajaran terhadap pemahaman konseptual, kinerja akademik, dan antusiasme peserta didik, serta memperluas cakupan materi Dasar-Dasar Elektronika dengan mempertahankan pendekatan desain visual dan interaktif yang berbasis AR.

DAFTAR PUSTAKA

- Billett, S. (2020). *Perspectives on enhancing the standing of vocational education and the occupations it serves*. Springer.
- UNESCO-UNEVOC. (2021). *TVET for the twenty-first century: The role of skills in a rapidly changing world*. UNESCO-UNEVOC International Centre. https://unevoc.unesco.org/pub/21c_tvete_role_of_skills.pdf.
- Alexander, C. K., & Sadiku, M. N. O. (2024). *Fundamentals of Electric Circuits (8th ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Sari, R. P., & Setiawan, A. (2020). Identifikasi Kesulitan Belajar Konsep Dasar Listrik pada Siswa SMK. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 5(2), 89–98.
- Fadilah, S. N., & Samsudin, A. (2022). Identifikasi Miskonsepsi Siswa SMK pada Materi Listrik Dinamis Menggunakan Four-Tier Diagnostic Test. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 8(1), 1–10. <https://doi.org/10.21009/1.08101>.
- We Are Social. (2025). *Digital 2025: Global Overview Report*. Meltwater. <https://datareportal.com/reports/digital-2024-global-overview-report>
- APJII. (2023). *Laporan Survei Internet APJII 2023: Penetrasi & Perilaku Pengguna Internet Indonesia*.
- Mayer, R. E. (2020). *Multimedia Learning (3rd ed.)*. Cambridge University Press.
- Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. In J. P. Mestre & B. H. Ross (Eds.), *Psychology of learning and motivation* (Vol. 55, pp. 37–76). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8>.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of *Augmented Reality*. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385.

- Ibáñez, M.-B., & Delgado-Kloos, C. (2018). *Augmented Reality* for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109–123.
- Sutopo, H. (2012). *Teknologi informasi dan komunikasi dalam pendidikan*. Andi Offset.
- Hsu, Y. (2020). The impact of *Augmented Reality* on high school students' conceptual understanding and misconceptions in physics. *Journal of Educational Technology & Society*, 23(4), 245–260.