



Penerapan *Augmented Reality Educational Strategy* (ARES) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi gerbang logika

Sofi Fauziah*, Rudi Haryadi, Yus Rama Denny Muchtar

Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Email: sofifauziah25@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to develop a Augmented Reality-based learning media called the Augmented Reality Educational Strategy (ARES) and to determine the media's feasibility, student responses, and the improvement of students' critical thinking skills after. The research methods follows a Research and Development (R&D) approach based on the ADDIE model. The sample consisted of twelfth-grade students at SMA Negeri 8 Pandeglang, selected through purposive sampling, with a limited trial group and an implementation trial group. The instruments used include a media validation questionnaire, a student questionnaire, and a critical thinking skills test. The results show that the ARES media obtained a feasibility percentage of 88,09% categorized as highly feasible; student responses reached 87,64% categorized as very good; and the improvement in students' critical thinking skills yielded an N-Gain score of 0.36, categorized as moderate. Therefore, the Augmented Reality Educational Strategy (ARES) is concluded to be a feasible learning media to improve students' critical thinking skills on the topic of logic gates.

Keywords: *augmented reality, critical thinking skills, learning media, logic gates*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran *Augmented Reality Educational Strategy* (ARES) dan mengetahui tingkat kelayakan media, respons peserta didik, serta peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah penggunaan media. Metode yang digunakan mengacu pada *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan ADDIE. Sampel pada penelitian ini terdiri dari peserta didik kelas XII di SMA Negeri 8 Pandeglang yang ditentukan secara *purposive*. Instrumen yang digunakan berupa angket validasi media, angket respons peserta didik, serta tes keterampilan berpikir kritis. Hasil penelitian menunjukkan persentase media ARES 88,09% dengan kategori sangat layak digunakan, respons peserta didik memperoleh 87,64% dengan kategori sangat baik, serta peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik menunjukkan nilai N-Gain 0,35 dalam kategori sedang. *Augmented Reality Educational Strategy* (ARES) dapat disimpulkan sebagai media pembelajaran fisika yang layak digunakan pada pembelajaran dan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gerbang logika.

Kata Kunci: *augmented reality, gerbang logika, keterampilan berpikir kritis, media pembelajaran*

PENDAHULUAN

Sistem pendidikan mengalami transformasi seiring dengan perkembangan teknologi

dan informasi. Kebijakan dan pembaharuan standar pendidikan yang berlaku disesuaikan dengan kondisi yang berkembang (Priantini et al., 2022). Kurikulum Merdeka merupakan bentuk penyesuaian kebijakan terhadap kondisi siswa yang berorientasi kepada kompetensi abad ke-21 (Mulyasa, 2023) dan pengembangan karakter melalui Profil Pelajar Pancasila. Sehingga, proses pembelajaran dalam Kurikulum Merdeka harus terintegrasi dengan teknologi informasi dan komunikasi (Azis, 2019). Namun, pada kenyataannya pembelajaran masih berlangsung secara konvensional (Guntara et al., 2023). Oleh sebab itu, diperlukan inovasi teknologi digital dalam proses pembelajaran.

Gerbang logika merupakan sub bab baru dalam mata pelajaran fisika di Kurikulum Merdeka. Materi ini merupakan bagian penting dari teknologi digital (Saptadi, 2017) yang berhubungan erat dengan sistem bilangan dan angka, serta membutuhkan penalaran logika dalam pembelajarannya (Kaleka et al., 2024). Karakteristik materi gerbang logika yang bersifat abstrak membuat siswa mengalami kesulitan dalam memahami dan menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari (Syahbani et al., 2018).

Berdasarkan wawancara dengan guru fisika di SMA Negeri 8 Pandeglang, diketahui bahwa gerbang logika merupakan materi baru yang akan diajarkan di tahun 2025, sehingga media pembelajaran pada materi ini sedang dalam tahap persiapan. Guru menyebutkan media pembelajaran yang sering digunakan berupa buku, video, slide presentasi, dan simulasi online. Penelitian oleh Pamungkas et al. (2017) menyebutkan bahwa pembelajaran pada materi gerbang logika hanya dijelaskan secara konvensional sehingga mempengaruhi pemahaman siswa. Media pembelajaran pada materi gerbang logika harus disampaikan dengan baik karena informasi yang disampaikan memiliki peran penting sebagai dasar pembentukan teknologi digital.

Ditinjau berdasarkan permasalahan di atas, siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep gerbang logika karena bersifat abstrak. Dalam mempelajari materi gerbang logika membutuhkan pemikiran yang sistematis dan kritis. Kondisi ini selaras dengan upaya pengembangan karakter dalam Profil Pelajar Pancasila, yaitu dimensi berpikir kritis. Berpikir kritis merupakan kemampuan dalam membuat pilihan yang tepat berdasarkan informasi yang diperoleh melalui penalaran yang logis dan matang, sehingga mampu menentukan informasi yang relevan dalam kondisi tertentu (Gut, 2011; van Laar et al., 2020). Berpikir kritis menjadi keterampilan yang sangat penting pada masa kini.

Laporan dari World Economic Forum (2020) menunjukkan bahwa berpikir kritis termasuk ke dalam 10 keterampilan utama yang diperlukan di masa mendatang. Halpern & Dunn (2021) memperkuat bahwa kemampuan berpikir kritis membantu individu untuk beradaptasi dengan perubahan yang cepat dan kompleks (Thornhill-Miller et al., 2023) serta menilai suatu permasalahan dengan tepat di tengah banyaknya misinformasi yang beredar (Binkley et al., 2012). Namun, hasil wawancara dengan guru fisika menunjukkan bahwa siswa bersikap pasif selama proses pembelajaran dan tidak menunjukkan adanya sikap kritis. Hal ini diperkuat dalam survey PISA (2022) yang menunjukkan bahwa Indonesia berada di peringkat ke 69 dari 80 negara dengan skor di bawah rata-rata (OECD, 2023). Rendahnya tingkat berpikir kritis siswa di Indonesia mendorong adanya inovasi pembelajaran.

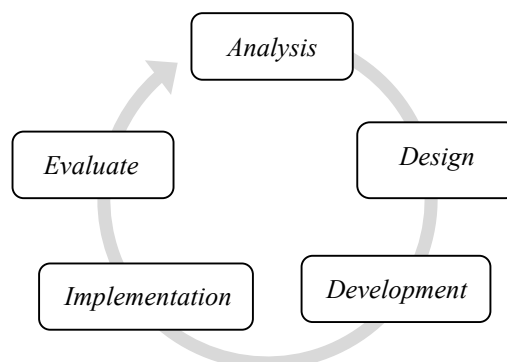
Penelitian oleh Haryadi & Pujiastuti (2023) menemukan bahwa penerapan augmented reality dalam pembelajaran dapat meningkatkan High Order Thinking Skill (HOTS) atau kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa SMA. Studi lain oleh Suharti et al. (2024)

menyebutkan bahwa implementasi game edukasi yang terintegrasi augmented reality dan pendekatan Problem Based Learning (PBL) efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Teknologi augmented reality merupakan media visual yang dinamis (Anggraini et al., 2020) dan dapat membantu siswa memahami konsep yang kompleks dan abstrak (Pujiastuti & Haryadi, 2024) dengan menampilkan objek 2D atau 3D ke dalam lingkungan tiga dimensi secara realtime, dan tidak menggantikan keadaan nyata seluruhnya (Hidayat et al., 2015; Miyanti et al., 2023). Selain itu, Problem Based Learning dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis karena pembelajaran dilakukan berdasarkan permasalahan sekitar. Siswa tidak hanya diarahkan untuk memahami suatu permasalahan, namun dibimbing untuk memecahkan masalah bersama-sama sehingga mampu mendorong kemampuan dan keterampilan siswa, khususnya keterampilan berpikir kritis (Masrinah et al., 2019). Oleh sebab itu, dalam mempelajari materi gerbang logika yang abstrak dan membutuhkan penalaran logika, diperlukan media pembelajaran yang memiliki visualisasi dan mendorong siswa untuk berpikir secara kritis.

Berdasarkan permasalahan di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran augmented reality berbasis Problem Based Learning, untuk mengetahui respons siswa, serta implementasi media untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa setelah penerapan media pembelajaran ARES. Diharapkan media yang dikembangkan dapat membantu siswa untuk memahami materi dengan mudah melalui proses berpikir kritis pada materi gerbang logika.

METODE

Penelitian yang menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan produk dalam mengatasi permasalahan tertentu dan diuji kelayakannya (Sugiyono, 2013). Desain penelitian menggunakan tahapan ADDIE yang terdiri dari Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluate seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Model ADDIE

Tahap Analysis dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan materi dan kebutuhan media dalam merancang solusi yang tepat. Selanjutnya, tahap Design mencakup pembuatan flowchart dan storyboard. Pada tahap Development, produk dikembangkan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat dan divalidasi oleh ahli untuk mendapatkan umpan balik. Produk yang telah diperbaiki, selanjutnya diuji coba kepada siswa melalui tahap Implementation untuk melihat efektivitasnya. Terakhir, tahap Evaluate dilakukan untuk melihat efektivitas media dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Data penelitian didapatkan berdasarkan hasil validasi kelayakan media, hasil respons peserta didik, serta hasil pretest dan posttest. Populasi penelitian merupakan siswa kelas XII yang memilih mata pelajaran Fisika di SMA Negeri 8 Pandeglang. Sampel penelitian terdiri dari peserta didik XII-B untuk uji coba terbatas dan peserta didik XII-A.1 untuk implementasi media. Pemilihan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling* dengan pertimbangan sebagai kelas yang memiliki tingkat literasi digital yang tinggi.

Teknik analisis data pada pengembangan media pembelajaran ARES adalah sebagai berikut:

a. Analisis Kelayakan Media Pembelajaran

Kelayakan media pembelajaran didapatkan dari pengisian lembar validasi ahli materi dan ahli media. Skor yang diperoleh dapat dihitung menggunakan teknik pengolahan data sebagai berikut:

$$Kelayakan = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimum}} \times 100\% \quad (1)$$

Kriteria pemberian skor oleh ahli materi dan ahli media menggunakan skala Likert seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Pemberian Skor Uji Kelayakan

Kriteria	Skor
Sangat Layak	5
Layak	4
Cukup	3
Kurang Layak	2
Tidak Layak	1

Hasil uji kelayakan media dapat diidentifikasi ke dalam kategori seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Interpretasi Kelayakan Media

Rentang Skor (%)	Interpretasi
76-100	Sangat Layak
56-75	Layak
40-55	Cukup Layak
0-39	Kurang Layak

b. Analisis Respons Siswa

Analisis respons siswa didapatkan dari pengisian angket respons siswa untuk mengetahui respons siswa berdasarkan pengalaman menggunakan media pembelajaran ARES. Skor yang diperoleh dihitung menggunakan teknik pengolahan data sebagai berikut:

$$Kelayakan = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimum}} \times 100\% \quad (2)$$

Hasil respons siswa dapat diidentifikasi ke dalam kategori seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Interpretasi Respons Siswa

Rentang Skor (%)	Skor
$81 \geq x \leq 100$	Sangat Baik
$61 \geq x \leq 80$	Baik
$41 \geq x \leq 60$	Cukup
$21 \geq x \leq 40$	Buruk
$0 \geq x \leq 20$	Sangat Buruk

c. Analisis Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa

Peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa diperoleh berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest* yang diberikan sebelum dan setelah menggunakan media pembelajaran ARES. Skor yang diperoleh dikalkulasi menggunakan persamaan *N-Gain Score* sebagai berikut:

$$N - Gain = \frac{\text{Skor posttest} - \text{skor pretest}}{\text{skor maksimum} - \text{skor pretest}} \quad (3)$$

Hasil *N-Gain Score* dapat diidentifikasi ke dalam kategori seperti pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Interpretasi N-Gain Score

Kriteria	Skor
$g > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g \leq 0,7$	Sedang
$g < 0,3$	Rendah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan produk berupa media pembelajaran ARES yang terdiri dari aplikasi dan LKPD terintegrasi *Problem Based Learning* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi gerbang logika.

1. Analysis

Analisis kebutuhan materi dan media dilakukan melalui wawancara dengan beberapa siswa dan guru fisika di sekolah tempat penelitian. Hasil wawancara dengan guru menunjukkan bahwa terdapat materi baru di kelas XII yang belum memiliki media ajar, yaitu gerbang logika. Materi ini berhubungan dengan bilangan biner dan sistem komputer yang rumit. Penelitian oleh Septiana et al. (2016) memperkuat bahwa gerbang logika berkaitan erat dengan sistem bilangan dan angka. Guru menyampaikan bahwa media ajar berbasis *augmented reality* belum pernah diterapkan, umumnya menggunakan media ajar berupa buku, video, slide presentasi, simulasi online, dan lain-lain. Selama proses pembelajaran, guru menambahkan bahwa siswa tidak menunjukkan sikap kritis dan pasif. Hal ini diperkuat dengan pendapat siswa yang menyatakan bahwa mengalami kesulitan dalam memahami materi yang bersifat abstrak, sehingga mengalami kejenuhan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penelitian ini akan melakukan pengembangan media pembelajaran berbasis *augmented reality* yang terintegrasi dengan model *Problem Based Learning* pada materi gerbang logika untuk meningkatkan berpikir kritis siswa. Pemetaan langkah-langkah PBL dengan indikator berpikir kritis (Ennis, 1985) disajikan

pada Tabel 5.

Tabel 5. Pemetaan Sintaks PBL dan Indikator Berpikir Kritis

Sintaks PBL	Indikator Berpikir Kritis
Orientasi peserta didik kepada permasalahan	Memberikan Penjelasan Sederhana (<i>elementery clarification</i>)
Mengorganisasikan peserta didik untuk belajar	Membangun keterampilan dasar (<i>basic support</i>)
Membimbing penyelidikan kelompok	Mengatur strategi dan taktik (<i>strategy and tactics</i>)
Mengembangkan dan menyajikan hasil karya	Memberikan penjelasan lanjut (<i>advanced clarification</i>)
Menganalisis dan mengevaluasi atau menyimpulkan hasil penyelesaian masalah	Menyimpulkan (<i>inference</i>)

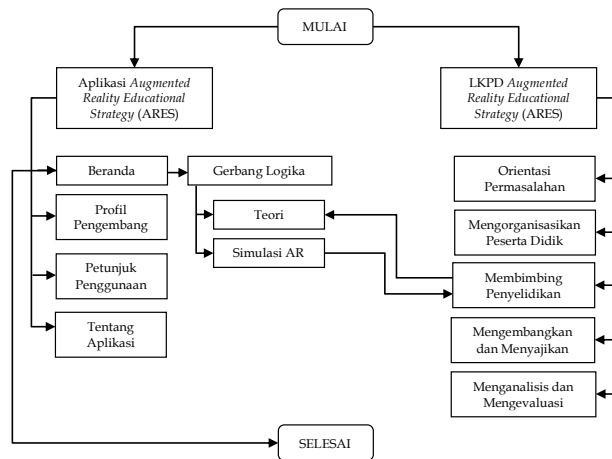
Instrumen tes yang digunakan berupa soal esai dengan indikator keterampilan berpikir kritis. Pemetaan indikator berpikir kritis dalam instrumen tes disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Indikator berpikir kritis pada instrumen tes

Aktivitas yang Dilakukan	Indikator Berpikir Kritis	No. Soal
Peserta didik mampu menjelaskan prinsip-prinsip gerbang logika AND, OR, NOT, NAND, dan NOR serta tabel kebenarannya.	Memberikan Penjelasan Sederhana (<i>elementery clarification</i>)	1, 2
	Menyimpulkan (<i>inference</i>)	5
Peserta didik mampu menentukan <i>input</i> dan <i>output</i> pada rangkaian gerbang logika.	Membangun keterampilan dasar (<i>basic support</i>)	4
	Mengatur strategi dan taktik (<i>strategy and tactics</i>)	9
Peserta didik mampu menganalisis konsep gerbang logika dalam sistem digital di kehidupan sehari-hari.	Membangun keterampilan dasar (<i>basic support</i>)	3
	Menyimpulkan (<i>inference</i>)	6
	Memberikan penjelasan lanjut (<i>advanced clarification</i>)	7, 8
	Mengatur strategi dan taktik (<i>strategy and tactics</i>)	10

2. Design

Perancangan produk dimulai dengan menyusun flowchart sebagai alur program media dan storyboard untuk mendesain tampilan media yang dikembangkan. *Flowchart* media pembelajaran ARES disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart media pembelajaran ARES

3. Development

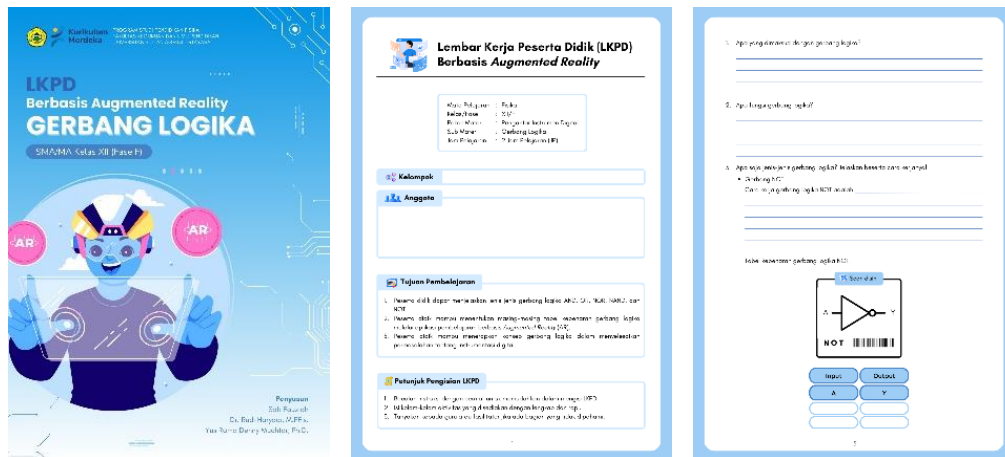
Tahap pengembangan menghasilkan media pembelajaran ARES beserta data kelayakan media dan respons siswa. Aplikasi ARES dikembangkan menggunakan software Unity 3D dengan bantuan Vuforia sebagai basis data, desain 3D dirancang menggunakan Blender, serta LKPD dibuat pada menggunakan Canva.

Pembuatan aplikasi dan LKPD disesuaikan dengan rancangan *flowchart* dan *storyboard* pada tahap *Design*. Aplikasi ARES terdiri dari fitur Teori, Simulasi AR, Profil Pengembang, Petunjuk Penggunaan, serta Tentang Aplikasi. Fitur yang tersedia disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Aplikasi ARES

LKPD ARES terdiri dari langkah-langkah *Problem Based Learning* dan target gambar pemindai seperti yang disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. LKPD ARES

Media pembelajaran ARES divalidasi oleh tiga validator sebagai ahli materi dan ahli media untuk mengetahui kelayakan media. Hasil uji validasi kelayakan materi dan media disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil validasi kelayakan media

Validator	Persentase Kelayakan	Kategori
Ahli Materi	87,4	Sangat Layak
Ahli Media	88,4	Sangat Layak
Rata-rata	87,9	Sangat Layak

Tabel 7 menunjukkan bahwa hasil validasi kelayakan media pembelajaran ARES menunjukkan rata-rata persentase 87,9% yang termasuk dalam kategori sangat layak untuk digunakan sebagai media pembelajaran fisika, meskipun terdapat beberapa komentar dan saran. Penilaian oleh ahli materi menunjukkan persentase 87,4% dengan kategori sangat layak sebagai media pembelajaran. Validator memberikan saran agar Capaian Pembelajaran yang digunakan merujuk pada Kemendikbud, serta mencantumkan kurikulum dan jenjang fase. Pada sintaks “Menganalisis dan mengevaluasi atau menyimpulkan hasil penyelesaian masalah” atau “Refleksikan Perjalananmu!” di dalam LKPD, siswa disarankan untuk menyimpulkan kegiatan yang telah dilakukan, bukan menyebutkan kelebihan dan kekurangan dari solusi yang ditawarkan. Alasannya karena persepsi untuk menyelesaikan masalah sudah diseragamkan pada tahap sebelumnya. Selain itu, setiap kutipan disarankan menggunakan rujukan asli.

Penilaian oleh ahli media menunjukkan persentase 88,4% yang termasuk ke dalam kategori sangat layak, meskipun dengan beberapa perbaikan. Pada aspek tampilan, validator menyarankan agar perubahan warna LED diperjelas agar terlihat perbedaan antara kondisi mati dan menyala. Pada aspek komunikasi media, validator menyarankan agar menghapus tabel kebenaran gerbang logika di fitur “teori” agar peserta didik dapat mengisi tabel kebenaran gerbang logika melalui simulasi menggunakan *augmented reality*.

Penilaian ketiga validator sebagai ahli materi dan ahli media memperoleh rata-rata penilaian 87,9%. Hasil uji kelayakan media menunjukkan bahwa media pembelajaran ARES dinilai sangat layak digunakan sebagai media pembelajaran fisika. Hal ini diperkuat oleh Iswan et al. (2024) yang mengembangkan *booklet* berbasis *augmented reality* dengan hasil validasi sangat layak digunakan, karena melibatkan siswa untuk belajar secara aktif dan berimajinasi (Vari, 2022). Penelitian serupa oleh (Alamin & Pramana, 2023) dan (Pamungkas

et al., 2017) menunjukkan bahwa media *augmented reality* memperoleh validitas dengan kategori sangat layak.

Hasil penilaian oleh validator digunakan sebagai bahan evaluasi sebelum media ARES diuji coba secara terbatas kepada siswa. Setelah dilakukan perbaikan, media ARES diuji coba kepada 25 siswa untuk memperoleh data respons pengguna. Aspek penilaian pada angket respons siswa mencakup aspek tampilan, penyajian materi, dan manfaat. Penilaian dilakukan dengan menggunakan skala Likert yang berkisar dari skor 1-5 dengan kriteria sangat baik, baik, cukup, buruk, dan sangat buruk (Athiyah, 2018). Hasil respons pengguna disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil respons siswa

Validator	Persentase Kelayakan	Kategori
Ahli Materi	87,4	Sangat Layak
Ahli Media	88,4	Sangat Layak
Rata-rata	87,9	Sangat Layak

Tabel 8 menunjukkan hasil uji coba terbatas kepada siswa memperoleh rata-rata persentase 87,6% yang termasuk ke dalam kategori sangat baik. Aspek yang dinilai mencakup tampilan, penyajian materi, dan manfaat. Penilaian terhadap aspek tampilan terdiri dari kejelasan teks dan gambar, serta kesesuaian gambar dengan materi memperoleh persentase 87,4% dengan kategori sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa ARES merupakan media pembelajaran dengan tampilan yang jelas dan menarik, sehingga mudah dipahami oleh siswa. Pada aspek penyajian materi menunjukkan persentase 87,7% yang termasuk ke dalam kategori sangat baik. Media pembelajaran ARES dinilai memuat materi yang sistematis dan runtut. Aspek manfaat memperoleh persentase 87,7% dengan kategori sangat baik. Hal tersebut menunjukkan bahwa siswa tertarik dan senang selama menggunakan media pembelajaran ARES. Selain itu, terdapat beberapa saran berupa *bug* yang perlu diperbaiki pada saat membuka kamera melalui fitur AR dan gambar dapat diperbesar sehingga terlihat dengan jelas.

Hasil respons siswa terhadap media pembelajaran ARES secara keseluruhan menunjukkan rata-rata kelayakan 87,6% yang termasuk ke dalam kategori sangat baik. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh (Alamin & Pramana, 2023) yang mendapat umpan balik yang sangat baik oleh siswa terhadap penggunaan *augmented reality*. Sehingga, media pembelajaran ARES memudahkan siswa dalam memahami materi dan mendapatkan pengalaman belajar yang menyenangkan.

4. Implementation

Media pembelajaran ARES diimplementasikan kepada 28 peserta didik kelas XII-A.1 untuk mengukur peningkatan berpikir kritis siswa setelah media melalui soal *pretest* dan *posttest*. Penelitian menggunakan *one group pretest-posttest design* seperti yang disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. One group pretest-posttest design

<i>Pretest</i>	<i>Perlakuan</i>	<i>Posttest</i>
O_1	X	O_2

5. Evaluation

Berdasarkan implementasi yang telah dilakukan, didapatkan hasil *pretest* dan *posttest* siswa disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil skor N-Gain

Rata-rata		N-Gain	Interpretasi
<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>		
22,8	55,4	0,36	Sedang

Tabel 10 menunjukkan bahwa peningkatan berpikir kritis siswa menunjukkan nilai N-Gain 0,36 dengan kategori sedang. Hal ini ditunjukkan melalui hasil N-Gain *pretest* dan *posttest* siswa yang memiliki perbedaan tidak terlalu besar. Waktu pelaksanaan pembelajaran dapat menjadi faktor yang menyebabkan peningkatan berpikir kritis dalam kategori sedang. Marinda & Rakhmawan, 2025) menyebutkan bahwa dibutuhkan waktu yang lebih lama agar peningkatan berpikir kritis berlangsung secara optimal. Adapun peningkatan keterampilan berpikir kritis untuk setiap indikator memiliki interpretasi yang berbeda-beda. Indikator tersebut terdiri dari memberikan penjelasan sederhana, membangun keterampilan dasar, menyimpulkan, membuat penjelasan lanjut, serta strategi dan taktik. Tiap peningkatan indikator berpikir kritis diurutkan dari 1 hingga 5 dan disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil N-Gain pada indikator berpikir kritis

Indikator	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	N-Gain	Interpretasi
Memberikan penjelasan sederhana	25,18	78,57	0,72	Tinggi
Membangun keterampilan dasar	29,91	50,31	0,29	Rendah
Menyimpulkan	34,46	79,73	0,69	Sedang
Membuat penjelasan lanjut	7,8	24,2	0,18	Rendah
Strategi dan taktik	16,61	43,49	0,33	Sedang
Rata-rata	22,8	55,35	0,44	Sedang

Tabel 11 menunjukkan hasil peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa pada tiap indikator. Pada indikator memberikan penjelasan sederhana mengalami peningkatan dalam kategori tinggi dengan nilai N-Gain 0,72. Hal ini menunjukkan bahwa siswa mampu menjelaskan pengetahuan dasar yang berkaitan dengan gerbang logika setelah menggunakan media pembelajaran ARES. Media pembelajaran visualisasi membantu siswa untuk mengaitkan pengetahuan baru dengan yang sudah ada (Wahidin, 2025).

Indikator menyimpulkan dan strategi dan taktik mengalami peningkatan N-Gain dalam kategori sedang. Artinya, siswa dapat menentukan strategi dan pendekatan yang tepat dalam memecahkan masalah meskipun belum maksimal. Hal ini sejalan dengan penelitian (Idris & Suhendi, 2023) yang menunjukkan peningkatan skor N-Gain kategori sedang pada indikator menyimpulkan dan strategi dan taktik.

Pada indikator membangun keterampilan dasar dan memberikan penjelasan lanjut, terjadi peningkatan dalam kategori rendah. Hal ini disebabkan karena metode pembelajaran yang digunakan tidak dapat memaksimalkan proses keterampilan berpikir kritis siswa, sehingga siswa tidak mampu menjelaskan pemikirannya. *Augmented reality* merupakan media visualisasi, namun belum mampu mendorong siswa untuk berpikir tingkat tinggi. Hal tersebut diperkuat oleh penelitian (Saputra et al., 2020) bahwa metode diskusi dan ceramah

dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa menunjukkan rata-rata N-Gain 0,44 dengan kategori sedang menunjukkan bahwa media ARES perlu meningkatkan strategi tambahan seperti diskusi kelompok atau latihan berbasis narasi.

KESIMPULAN

Media pembelajaran *Augmented Reality Educational Strategy* (ARES) pada materi gerbang logika disimpulkan sangat layak digunakan dalam pembelajaran fisika dengan hasil validasi 88%. Respons siswa terhadap media pembelajaran ARES menunjukkan kategori sangat baik dengan rata-rata 87,9%. Selain itu, nilai N-Gain sebesar 0,36 merepresentasikan peningkatan keterampilan berpikir kritis dalam kategori sedang, yang menandakan efektivitas media ARES dalam membantu siswa memahami konsep materi gerbang logika.

Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan dalam metode pembelajaran yang digunakan belum cukup untuk menstimulus siswa dalam proses berpikir secara mendalam dan mengungkapkan pemikirannya. Penelitian selanjutnya disarankan agar menerapkan metode berbasis ceramah dan menambahkan fitur latihan soal berbasis eksplanasi agar siswa dapat berpikir secara mendalam dan mengeskperikan gagasannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamin, M. M., & Pramana, A. L. (2023). Pengembangan Aplikasi Pembelajaran Gerbang dan Rangkaian Logika Memanfaatkan Augmented Reality Untuk Siswa SMK. *Jurnal Informatika Upgris*, 9(1), 43-48.
- Anggraini, S., Setyaningrum, W., Retnawati, H., & Marsigit. (2020). How to Improve Critical Thinking Skills and Spatial Reasoning with Augmented Reality in Mathematics Learning? *Journal of Physics: Conference Series*, 1581(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1581/1/012066>
- Athiyah, U. (2018). Pengembangan Media Pembelajaran Biologi Semester II Kelas X SMA Berbasis Lectora Inspire The Development of Biology Learning Media of Material. *Jurnal Nalar Pendidikan*, 6(1), 41-46.
- Azis, T. N. (2019, December). Strategi pembelajaran era digital. In *The Annual Conference on Islamic Education and Social Science* (Vol. 1, No. 2, pp. 308-318).
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M. (2012). Defining twenty-first century skills. In *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 17-66). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5_2
- Ennis, R. H. (1985). A logical basis for measuring critical thinking skills. *Educational leadership*, 43(2), 44-48.
- Idris, S. F., & Suhendi, H. Y. (2023). Pengembangan media pembelajaran interaktif GEMBI untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. *DIFFRACTION: Journal for Physics Education and Applied Physics*, 5(1), 24-36.
- Guntara, Y., Saefullah, A., Farida, N., Nurlia, S. R., & Abdilah, M. N. (2023). Visual Thinking Strategy in Augmented Reality (ViTSAR): Implikasinya dalam Memfasilitasi Reflektif Thinking Skills Mahasiswa pada Materi Gelombang Cahaya. *PROSIDING SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA (SENDIKFI) UNTIRTA*, 5(1).
- Gut, D. M. (2010). Integrating 21st century skills into the curriculum. In *Bringing schools into*

- the 21st century (pp. 137-157). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Halpern, D. F., & Dunn, D. S. (2021). Critical thinking: A model of intelligence for solving real-world problems. *Journal of Intelligence*, 9(2), 22.
- Haryadi, R., & Pujiastuti, H. (2023). Use of Augmented Reality Learning Media to Improve Higher-Order Thinking Skills in Kinematics Material. *Thabiea : Journal of Natural Science Teaching*, 6(1), 37-50. <http://journal.iainkudus.ac.id/index.php/Thabiea>
- Hidayat, T., & Nurjayadi, N. (2015). Aplikasi Mobile Android untuk Pemasaran Perumahan Menggunakan Metode Markerless Augmented Reality pada PT. Alifa Citra Mulia. *Sains dan Teknologi Informasi*, 1(1), 47-54.
- Iswan, M., Alfi, C., & Fatih, M. (2024). Pengembangan Media Booklet Pada Materi Perubahan Cuaca Berbasis Augmented Reality Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas III Sekolah Dasar. *JURNAL PENDIDIKAN DASAR PERKHA: Jurnal Penelitian Pendidikan Dasar*, 10(1), 195-211. <https://doi.org/10.31932/jpdp.v10i1.3275>
- Kaleka, Y. U., Garung, E. R., Suluh, M., Engge, Y., Anggraeni, D. M., Deke, O., ... & Bora, A. (2024). PELATIHAN MERANGKAI RANGKAIAN DIGITAL UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN TEKNIK DIGITAL SISWA SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN KASIMO. *Multidisciplinary Indonesian Center Journal (MICJO)*, 1(1), 577-581.
- Sholikha, A. A. M. A., & Arif, M. (2021). Analisis Metakognisi Siswa Dalam Memecahkan Masalah Relasi Logik Dan Fungsi Gerbang Logika Ditinjau Dari Tipe Kepribadian Tipologi Hippocrates Galenus. *Jurnal Ilmiah Edutic: Pendidikan Dan Informatika*, 8(1), 73-80.
- Marinda, F. R., & Rakhmawan, A. (2025). Penerapan Model Pembelajaran Discovery Learning Berbantuan Media AR pada Materi Tata Surya untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Natural Science Education Research (NSER)*, 8(1), 43-48.
- Masrinah, E. N., Aripin, I., & Gaffar, A. A. (2019). Problem based learning (PBL) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis. In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan* (Vol. 1, pp. 924-932).
- Miyanti, V., Muhidin, A., & Ardiatma, D. (2023). Implementasi Metode Markerless Augmented Reality Sebagai Media Promosi Home Furnishing Berbasis Android. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 4(1), 71-77. <https://doi.org/10.57152/malcom.v4i1.1019>
- Mulyasa, H. E. (2023). *Implementasi Kurikulum Merdeka*. Bumi Aksara.
- OECD. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I and II) - Country Notes: Indonesia*.
- Pamungkas, A. B. S. A., Wibisono, S. W., & Zulvarina, P. (2017). *Fakultas Ilmu Komputer Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality untuk Pengenalan Gerbang Logika Dasar bagi Siswa dengan Gaya Belajar Auditori*. 1(1), 2548-2964. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Priantini, D. A., Suarni, N. K., & Adnyana, I. K. (2022). Analisis Kurikulum Merdeka dan Platform Merdeka Belajar Untuk Mewujudkan Pendidikan yang Berkualitas. *JURNAL PENJAMIN MUTU*, 8(2). <http://ojs.uhnsugriwa.ac.id/index.php/JPM>
- Pujiastuti, H., & Haryadi, R. (2024). The Effectiveness of Using Augmented Reality on the Geometry Thinking Ability of Junior High School Students. *Procedia Computer Science*, 234, 1738-1745. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.03.180>

- Saptadi, A. H. (2017). Emulasi Gerbang Logika Tunggal Multifungsi Menggunakan Mikropengendali Atmega8a. *Media Elektrika*, 10(2).
- Saputra, G., Hartanto, A., & Ningsih, Y. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Android untuk Mata Pelajaran Fisika Materi Pokok Energi Di Kelas X IPA 1 SMA Negeri 2 Muara Badak Tahun Ajaran 2019/2020. *Journal of Advances in Information and Industrial Technology*, 2(2), 10–24.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif R&D*. Alfabeta Bandung.
- Suharti, P., Asyari, A., & Wikanta, W. (2024). Augmented reality integrated education game using problem-based learning model to improve critical thinking skills. *Research and Development in Education (RaDEn)*, 4(1), 320-336.
- Syahbani, A. K., Setiana, An., & Kharisma Fikynindita Ika. (2018). Rancang Bangun Alat Praktikum Gerbang Logika Dasar Berbasis Op-Amp. *JoTaLP: Journal of Teaching and Learning Physics*, 3(2), 07–13.
- Thornhill-Miller, B., Camarda, A., Mercier, M., Burkhardt, J. M., Morisseau, T., Bourgeois-Bougrine, S., ... & Lubart, T. (2023). Creativity, critical thinking, communication, and collaboration: assessment, certification, and promotion of 21st century skills for the future of work and education. *Journal of Intelligence*, 11(3), 54.
- Van Laar, E., Van Deursen, A. J., Van Dijk, J. A., & De Haan, J. (2020). Determinants of 21st-century skills and 21st-century digital skills for workers: A systematic literature review. *Sage Open*, 10(1), 2158244019900176.
- Vari, Y. (2022). Pemanfaatan Augmented Reality untuk Melatih Keterampilan Berpikir Abad 21 di Pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan IPA*, 11(2), 70–75. <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v11i2.55984>
- Wahidin. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran Visual Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa. *Jurnal Ilmiah Edukatif*. 11(01), 285–295.
- Wijaya, E. (2024). Analisis Kesulitan Belajar Siswa terhadap Pemecahan Masalah pada Materi Gerbang Logika Ditinjau dari Keaktifan Siswa dan Jenis Kelamin di SMK at Taufiqiyah. *Center of Education Journal (CEJou)*, 5(1).
- World Economic Forum. (2020). *The Future of Jobs Report 2020*.