



EDUTECH

Jurnal Teknologi Pendidikan

Journal homepage <https://ejournal.upi.edu/index.php/edutech>



Implementasi Pendekatan Deep Learning Menggunakan Teknologi Augmented Reality (AR) untuk Meningkatkan Critical Thinking Siswa

Pasha Raphaela, Munir Munir, dan Latifahny Aridia Alfitri

Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia

*Correspondence: E-mail: pasharaphaela@upi.edu

ABSTRACT	ARTICLE INFO
<p>This study was motivated by students' low critical thinking skills and lack of active engagement in learning. These conditions highlight the importance of innovation in learning that can encourage students to engage more actively, reflectively, and analytically. This study aims to improve students' critical thinking abilities by using Augmented Reality (AR) learning materials in conjunction with a deep learning approach. The ADDIE paradigm, which comprises the phases of Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation, is used in this study's Research and Development (R&D) technique. 37 tenth-grade students from a Vocational High School (SMK) make up the sample size for this one-group pretest-posttest research design. The results show that pupils' critical thinking abilities have improved. The Paired Sample t-Test results, which show a significant difference between pre- and post-intervention scores with a significance value of 0.000 ($p < 0.05$), corroborate this. Additionally, the moderate category was assigned to the N-Gain value of 0.52. These results indicate that the implementation of the deep learning approach supported by Augmented Reality (AR) media has proven effective in enhancing students' critical thinking skills, as well as in creating meaningful, mindful, and joyful learning experiences.</p>	<p>Article History: <i>Submitted/Received 9 Sept 2025</i> <i>First Revised 9 Jan 2026</i> <i>Accepted 14 March 2026</i> <i>First Available online 20 April 2026</i> <i>Publication Date 20 April 2026</i></p> <p>Keyword: <i>Pendekatan Deep Learning, Augmented Reality, Kemampuan Berpikir Kritis, Media Pembelajaran, ADDIE</i></p>
<p>ABSTRAK</p>	
<p>Studi ini berlandaskan oleh lemahnya kapasitas siswa dalam berpikir secara kritis siswa serta kurangnya keterlibatan aktif</p>	

dalam pembelajaran. Kondisi ini menunjukkan pentingnya inovasi dalam proses pengajaran sehingga mampu memacu siswa agar lebih terlibat secara aktif, reflektif, dan analitis. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengimplementasikan pendekatan *deep learning* (pembelajaran mendalam) dengan dukungan media pembelajaran *Augmented Reality* (AR) guna mengoptimalkan keahlian berpikir kritis siswa. Studi ini menerapkan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE yang terdiri atas tahapan *Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*. Adapun desain penelitian yang digunakan adalah one group pretest-posttest, dengan jumlah subjek studi sebanyak 37 siswa kelas X di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Temuan studi memaparkan adanya kenaikan tingkat keahlian berpikir kritis siswa. Hal tersebut didukung oleh temuan uji *Paired Sample t-Test* dengan angka signifikansi sejumlah 0,000 ($p < 0,05$), yang menunjukkan adanya kesenjangan yang bermakna antara sebelum dan setelah perlakuan. Di samping itu, angka N-Gain sejumlah 0,52 berada pada kategori sedang. Hasil tersebut memperlihatkan bahwasanya implementasi pendekatan *deep learning* yang didukung oleh media *Augmented Reality* (AR) terbukti optimal dalam meningkatkan keahlian berpikir kritis siswa. serta mampu menciptakan pembelajaran yang bermakna, berkesadaran, serta menyenangkan.

© 2025 Teknologi Pendidikan UPI

1. PENDAHULUAN

Pada abad ke-21 ini, teknologi mengalami perkembangan pesat yang memengaruhi seluruh aspek kehidupan manusia, khususnya di aspek pendidikan. Dunia pendidikan perlu mendapatkan perhatian khusus karena berpengaruh penting terhadap kemajuan suatu bangsa. Pendidikan berfungsi untuk membekali siswa agar siap menghadapi dunia kerja dengan keahlian berpikir secara analitis, *problem solving*, dan berpikir kritis, supaya mereka berpotensi menjadi tenaga kerja yang produktif serta berkontribusi terhadap kemajuan dan kesejahteraan masyarakat (Wayudi et al., 2020).

Pendidikan di Indonesia pun kini sedang menjalani perubahan besar agar bisa menghadapi tuntutan zaman yang semakin tinggi seperti diantaranya adalah keterampilan abad 21 ialah *Critical Thinking/Problem Solving* (Berpikir Kritis/Pemecahan Masalah), *Creativity* (Kreativitas), *Communication* (Komunikasi), dan *Collaboration* (Kolaborasi) yang dikenal sebagai keterampilan 4C (Hidayati et al, 2024).

Berpikir kritis ialah keterampilan esensial bagi siswa dalam bidang akademik dan rutinitas harian. Kondisi ini selaras dengan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 Tahun 2006 (Rofi'ah & Rokhmaniyah, 2024) yang menyatakan bahwa kemampuan tersebut dibutuhkan supaya siswa mampu memproses dan mengoptimalkan informasi dalam menghadapi situasi yang fluktuatif, tidak stabil, dan kompetitif. Dalam pembelajaran, keahlian berpikir kritis sangat dibutuhkan agar siswa dapat menganalisis dan menyelesaikan pertanyaan terkait materi.

Meskipun dianggap penting, pengembangan kemampuan *critical thinking*, khususnya di Indonesia, belum menunjukkan hasil yang optimal. Berdasarkan Survei Indeks Masyarakat Digital Indonesia (IMDI) yang dilakukan pada September–November 2023 dengan metode *Systematic Random Sampling* terhadap 18.362 responden berusia 15–64 tahun, mengungkapkan bahwa keterampilan literasi warga, terutama pada aspek berpikir kritis di era digital masih kurang (Kementerian Komunikasi dan Informatika, 2023). Berdasarkan salah satu studi yang dijalankan pada murid kelas X di salah satu SMAN di Bandung, diketahui bahwasanya secara umum keterampilan berpikir kritis siswa masih tergolong rendah (Wayudi et al., 2020). Temuan ini memaparkan bahwa proses pembelajaran belum sepenuhnya mengakomodasi aktivitas berpikir tingkat tinggi, seperti analisis, sintesis, evaluasi, kreasi, serta penerapan pengetahuan dalam konteks nyata. Oleh sebab itu, tuntutan pembelajaran abad ke-21 yang menitikberatkan pada kemampuan berpikir kritis belum tercapai secara optimal.

Siswa harus dilatih bertanya dan mengemukakan pendapat agar pembelajaran jadi lebih bermakna. Namun rendahnya keahlian berpikir kritis siswa mungkin dipicu oleh siswa yang hanya jadi pendengar pasif atau kurang terlibat aktif dalam pembelajaran karena sulit memahami konsep atau materi. Maka dari itu, pendidik perlu menemukan strategi belajar yang kompeten agar pembelajaran lebih menekankan pada siswa guna mengembangkan kemampuan berpikir kritis (Khoerunnisa & Aqwal, 2020).

Pendekatan yang relevan untuk diterapkan adalah *Deep Learning*, yakni strategi pembelajaran dengan fokus pada penguasaan konsep, yang mengarahkan siswa untuk tidak sekadar mengingat, melainkan memahami pengetahuan secara lebih mendalam dan bermakna (Arif et al., 2025). Sejalan dengan Hariyanti (2024) yang memberikan definisi tentang *Deep Learning* selaku pendekatan pembelajaran yang menitikberatkan pemahaman konsep secara komprehensif, tidak sekadar berorientasi kemampuan yang berfokus pada hafalan atau pengenalan fakta secara cepat. Sementara itu, Hattie (2020) menjelaskan bahwa *Deep Learning* merupakan pendekatan yang mengutamakan

penguasaan konseptual serta implementasi pengetahuan secara rasional. Menurut Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah (2025), implementasi pendekatan *Deep Learning* didukung oleh tiga aspek pokok, meliputi *Meaningful Learning* (bermakna), *Mindful Learning* (bermakna), dan *Joyful Learning* (menggembirakan). Pembelajaran bermakna memungkinkan siswa untuk memahami dan memberi makna pada materi yang dipelajari, pembelajaran berkesadaran menumbuhkan kesadaran siswa sebagai subjek aktif dalam mengembangkan pemahaman dan kompetensi, sedangkan pembelajaran menggembirakan berkontribusi dalam meningkatkan motivasi siswa selama mengikuti proses pembelajaran.

Digunakannya *Deep Learning* sebagai strategi pembelajaran berkontribusi dalam membentuk kemampuan siswa untuk berpikir secara lebih mendalam dan analitis menyikapi tantangan yang ada sekarang maupun di masa mendatang. Berdasarkan hasil penelitian Mailani et al. (2025), integrasi pendekatan *Deep Learning* dengan media komunikatif menunjukkan efektivitas dalam mengoptimalkan keahlian berpikir kritis siswa, mencakup keterampilan analisis, penyelesaian masalah, dan daya ingat jangka panjang. Selain itu, penggunaan media interaktif seperti simulasi digital, video, permainan edukatif, dan aplikasi pembelajaran berperan dalam mendorong partisipasi aktif siswa, meningkatkan daya tarik pembelajaran, serta memfasilitasi pemahaman terhadap konsep abstrak.

Pemanfaatan teknologi menjadi faktor penting untuk mendukung penerapan strategi pembelajaran. Contohnya seperti pemanfaatan multimedia dalam pembelajaran, yang dapat mempermudah pemahaman siswa sekaligus mendorong keterlibatan aktif mereka (Sholeh et al., 2021). Berbagai media pembelajaran berbasis digital termasuk *Virtual Reality*, *Augmented Reality*, dan modul interaktif, berpotensi menjadi penyelesaian efektif dalam mencukupi keperluan belajar siswa (Arfika et al., 2023), khususnya generasi mendatang yang sangat tanggap terhadap teknologi. Media *Augmented Reality* (AR) ialah pemanfaatan teknologi untuk menghadirkan objek virtual ke dalam lingkungan dunia nyata secara langsung (Djati et al., 2022). AR sebagai media pembelajaran komunikatif memberikan pengalaman belajar baru dengan menghadirkan simulasi visual 3D yang lebih konkret, menarik, dan kontekstual untuk mempermudah siswa memahami konsep yang sulit atau abstrak.

Efektivitas AR sebagai media pembelajaran dapat dijelaskan melalui dua landasan teori yang saling melengkapi. Pertama, *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML) yang dikemukakan Mayer (2020) menyatakan bahwa pembelajaran lebih efektif ketika materi disampaikan melalui kombinasi saluran visual dan verbal secara bersamaan, sebab otak manusia memproses informasi melalui dua kanal terpisah dengan kapasitas yang terbatas. Visualisasi 3D algoritma *sorting* melalui AR secara langsung memenuhi prinsip ini dengan mengintegrasikan animasi gerak, narasi, dan teks secara simultan. Kedua, teori konstruktivisme Vygotsky (1978) menegaskan bahwa teknologi berperan sebagai alat mediasi (*mediating tool*) yang membantu siswa melampaui *Zone of Proximal Development* (ZPD) mereka, sehingga mampu memahami konsep yang semula abstrak melalui scaffolding berbantuan media interaktif. Ketiga, teori *Experiential Learning* yang dikemukakan Kolb (2015) menggambarkan bahwa belajar merupakan proses siklus empat tahap, yakni *concrete experience*, *reflective observation*, *abstract conceptualization*, dan *active experimentation*. Dalam konteks pembelajaran berbantuan AR, siswa mengalami konsep *sorting* secara langsung melalui visualisasi 3D (*concrete experience*),

merefleksikan pola algoritma yang diamati (*reflective observation*), membangun pemahaman konseptual tentang cara kerja algoritma (*abstract conceptualization*), serta menerapkan pemahaman tersebut dalam menyelesaikan soal LKPD (*active experimentation*). Dengan demikian, media AR dalam penelitian ini tidak hanya berfungsi sebagai alat visualisasi, melainkan sebagai fasilitator siklus belajar eksperiensial yang mendukung terbentuknya kemampuan berpikir kritis (Chen et al., 2025; Crogman et al., 2025).

Peneliti telah melakukan observasi di SMK Negeri 12 Bandung mengenai keahlian berpikir kritis siswa dan berlandaskan pendapat salah satu guru di sekolah tersebut, keahlian berpikir kritis siswa masih memerlukan peningkatan. Berlandaskan temuan observasi pada siswa yang disebarakan melalui *google form*, sebanyak hampir 70% dari jumlah siswa 35 orang dalam satu kelas, kurang terlibat aktif dalam kegiatan pembelajaran. Siswa masih kurang memiliki kesadaran untuk mau aktif bertanya dan menjawab, sehingga sulit untuk memahami materi atau konsep yang diajarkan. Penulis juga menanyakan tentang penggunaan media AR dan ditemukan bahwa ternyata belum pernah digunakan untuk media pembelajaran.

Berbeda dari studi-studi sebelumnya yang umumnya menerapkan media AR pada jenjang SMP atau SMA umum dengan materi sains, penelitian ini berfokus pada konteks Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) yang memiliki karakteristik kurikulum vokasional yang khas, yaitu materi algoritma *sorting* (*Selection Sort*, *Bubble Sort*, dan *Insertion Sort*) dalam mata pelajaran Informatika Fase E. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi pendekatan *Deep Learning* berbantuan media AR dalam konteks vokasional yang belum banyak diteliti, khususnya dalam upaya meningkatkan kemampuan *critical thinking* melalui visualisasi 3D konsep algoritmik yang bersifat abstrak (Alkhabra et al., 2023; Mayer, 2020).

Merujuk pada paparan tersebut, tujuan studi ini ialah pengembangan media AR yang mendukung penerapan pendekatan *Deep Learning* pada pembelajaran guna meningkatkan keterampilan *critical thinking* siswa, mengimplementasikan strategi pendekatan *Deep Learning* dengan bantuan media AR dalam proses pembelajaran, serta mengukur dan menganalisis peningkatan kemampuan *critical thinking* siswa dengan pengimplementasian pendekatan *Deep Learning* berbantuan media AR. Studi ini diupayakan mampu menambah kontribusi pada pengembangan model pembelajaran inovatif yang mampu menjawab tantangan pendidikan di era digital.

2. METODE

2.1 Kerangka Dasar Penelitian

Metode penelitian yang diimplementasikan pada studi ini ialah *Research and Development* (R&D) yang berpijak pada model pengembangan ADDIE. Metode ini digunakan agar penelitian tidak hanya bertujuan menguji efektivitas pembelajaran, tetapi juga mengembangkan produk berupa media *Augmented Reality* (AR) yang diselaraskan dengan pendekatan *Deep Learning*. Studi ini menerapkan desain *one group pretest-posttest*, yang mengakomodasi pemberian tes awal (*pretest*) dan tes akhir (*posttest*) sebelum dan setelah perlakuan guna mengukur peningkatan keterampilan berpikir kritis.

Pengukuran keahlian berpikir kritis pada studi ini didasarkan pada parameter yang ditemukan oleh Robert Ennis (Kurniasari, 2014), yang mencakup penjelasan sederhana (*elementary clarification*), membangun kemampuan dasar (*basic support*), mengambil kesimpulan (*inference*), penjelasan lanjutan (*advanced clarification*), serta menentukan

strategi dan taktik (*strategy and tactic*) yang dispesifikkan pada 7 sub indikator: (1) memfokuskan pertanyaan; (2) menganalisa argumen; (3) mengobservasi dan mempertimbangkan hasil; (4) membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan; (5) mengidentifikasi asumsi; (6) memutuskan sebuah tindakan; dan (7) berinteraksi dengan orang lain. Hipotesis studi ini ialah adanya perkembangan yang konkret pada keterampilan berpikir kritis siswa setelah dilakukannya implementasi pendekatan *Deep Learning* dengan menggunakan media AR.

Data penelitian dianalisis secara kuantitatif melalui uji normalitas yang bertujuan guna menentukan apakah distribusi data pada suatu kelompok memiliki distribusi yang normal. Apabila hasil penelitian terdistribusi normal, maka tahap berikutnya dilaksanakan uji *Paired Sample t-Test* supaya mendapatkan perbedaan yang konkret antara nilai *pretest* dan *posttest*, juga perhitungan N-Gain guna mengetahui tingkat perkembangan keahlian berpikir kritis siswa. Perhitungan N-Gain ditunjukkan pada rumus ini:

$$\langle g \rangle = \frac{\text{posttest score} - \text{pretest score}}{\text{maximum possible score} - \text{pretest score}}$$

Langkah berikutnya adalah melakukan pencocokan guna menentukan kriteria gain berdasarkan nilai berikut:

- a. $\langle g \rangle > 0,7$ = kategori Tinggi
- b. $0,7 \geq g \geq 0,3$ = kategori Sedang
- c. $\langle g \rangle < 0,3$ = kategori Rendah

2.2 Populasi dan Sampel

Populasi yang diberdayakan yaitu siswa kelas X (fase E) Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) yang mempelajari mata pelajaran Informatika. Populasi megacu pada keseluruhan subjek maupun objek dengan ciri khusus yang ditentukan oleh peneliti sehingga dari hasilnya dapat ditarik kesimpulan (Sugiyono, 2019). Dengan demikian, seluruh siswa kelas X yang mengikuti pembelajaran Informatika termasuk ke dalam cakupan populasi penelitian karena memiliki kesamaan karakteristik materi, jenjang, dan kurikulum pembelajaran.

Sampel pada studi ini ialah murid kelas X di SMKN 12 Bandung yang sedang mempelajari materi algoritma dasar. Materi yang dipilih adalah materi pengurutan (*sorting*). Sampel dipilih sebagai perwakilan dari populasi yang diyakini mampu menyediakan data yang selaras dengan tujuan penelitian.

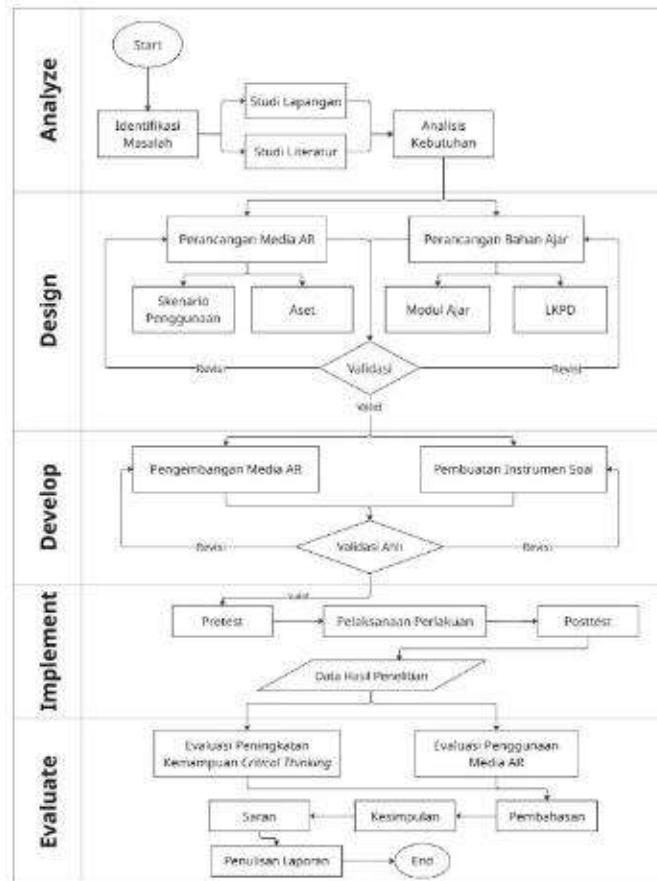
Studi ini mengoperasikan teknik *purposive sampling*, yakni penentuan sampel yang berlandaskan karakteristik khusus yang relevan dengan keperluan dan tujuan penelitian. Teknik ini dipakai ketika tidak dilakukannya pengacakan subjek langsung, melainkan memilih populasi yang dinilai paling sesuai dan memungkinkan untuk diberikan perlakuan penelitian (Sugiyono, 2019).

Pemilihan kelas dilakukan berdasarkan rekomendasi guru mata pelajaran dengan mempertimbangkan kesiapan kelas, kesesuaian jadwal pembelajaran, serta kemudahan pelaksanaan perlakuan (*treatment*). Oleh karena itu, kelas tersebut dinilai representatif dan relevan untuk mengukur peningkatan kemampuan *critical thinking* siswa setelah diberikan intervensi pembelajaran.

Penggunaan *purposive sampling* dinilai tepat karena penelitian ini bersifat eksperimen pendidikan yang dilaksanakan pada situasi kelas nyata, sehingga peneliti menyesuaikan dengan kondisi dan kebijakan sekolah tanpa melakukan pengacakan subjek.

2.3 Tahapan Penelitian

Tahapan dalam studi ini dilakukan berdasarkan model pengembangan ADDIE. Atas dasar Branch (Hidayat & Nizar, 2021), ADDIE ialah suatu proses yang berfungsi sebagai kerangka kerja dalam mengarahkan penanganan kondisi yang kompleks, sekaligus sebagai penyedia yang menghasilkan peningkatan dalam bidang pendidikan. Model pengembangan ADDIE meliputi lima tahapan utama, yaitu *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*. Alur lengkap tahap penelitian ini divisualisasikan melalui Gambar 1.



Gambar 1. Tahap Penelitian

a. Tahap Analisis (*Analysis*)

Peneliti mengidentifikasi permasalahan pembelajaran yang terjadi di kelas, khususnya terkait rendahnya *critical thinking* siswa. Kegiatan analisis dilakukan melalui riset lapangan dan literatur.

Studi lapangan bertujuan guna mendapatkan informasi nyata mengenai kondisi pembelajaran, karakteristik siswa, serta kebutuhan guru di sekolah dengan melakukan observasi langsung ke sekolah yang diteliti. Sementara itu, studi literatur dilakukan dengan menelaah berbagai referensi, jurnal, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan pendekatan *Deep Learning* menggunakan media *Augmented Reality* (AR) dan kemampuan berpikir kritis.

Hasil dari kedua kegiatan tersebut digunakan sebagai dasar dalam melakukan analisis kebutuhan, sehingga diperoleh gambaran mengenai spesifikasi media dan bahan ajar yang perlu dikembangkan.

b. Tahap Desain (*Design*)

Pada tahapan ini disusun rancangan awal media dan perangkat ajar yang ingin dikembangkan. Tahap ini difokuskan pada penataan media AR yang meliputi pembuatan aset dan pembentukan *storyboard* untuk animasi yang akan di AR-kan. Selain itu, peneliti juga merancang bahan ajar seperti modul ajar juga Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Bahan ajar disesuaikan dengan tujuan pembelajaran.

c. Tahap Pengembangan (*Develop*)

Peneliti melakukan pembuatan dan pengembangan media AR yang menyesuaikan desain yang telah disusun. Aset-aset yang sudah dibuat, dianimasikan lalu di AR-kan. Selain itu, disusun pula instrumen penelitian berupa soal tes untuk mengukur kemampuan *critical thinking* siswa. Masing-masing butir soal dibuat sesuai dengan indikator *critical thinking* milik Ennis.

Produk media dan instrumen soal berikutnya diberikan validasi oleh ahli materi dan media guna memastikan soal sudah layak digunakan. Keputusan validasi difungsikan sebagai acuan perbaikan (*revisi*) sebelum media dan instrumen soal digunakan dalam pembelajaran.

d. Tahap Implementasi (*Implement*)

Tahap implementasi merupakan tahap penerapan media AR dan butir soal yang sudah divalidasi dalam proses pembelajaran di kelas. Kegiatan berawal dari pemberian *pretest* guna menentukan kemampuan awal *critical thinking* siswa. Berikutnya dilaksanakan pembelajaran dengan pendekatan *deep learning* menggunakan media AR sebagai perlakuan (*treatment*) kepada siswa, kemudian diakhiri dengan *posttest* guna mengukur perkembangan keterampilan siswa pasca perlakuan. Data yang didapat dari *pretest* dan *posttest* dikumpulkan sebagai data hasil penelitian untuk dianalisis lebih lanjut.

e. Tahap Evaluasi (*Evaluate*)

Tahap evaluasi dilaksanakan guna mengetahui media yang dikembangkan efektif atau tidak. Evaluasi terdiri dari dua aspek, yaitu peningkatan kemampuan *critical thinking* siswa berdasarkan hasil tes, serta evaluasi penggunaan media AR selama pembelajaran. Hasil analisis kemudian dibahas untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan media maupun meningkat atau tidaknya kemampuan berpikir kritis siswa. Berdasarkan temuan tersebut, penulis menyusun kesimpulan dan saran sebagai rekomendasi pengembangan selanjutnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

a. Tahap Analisis (*Analysis*)

1. Analisis Kebutuhan Siswa

Familiaritas siswa terhadap teknologi *Augmented Reality* (AR) masih rendah, namun siswa memberikan respons positif terhadap penggunaannya dalam pembelajaran karena mampu membantu visualisasi materi dan meningkatkan motivasi belajar. Di sisi lain, siswa memperoleh kemudahan melalui penggunaan media pembelajaran dan mayoritas telah memiliki *smartphone*, sehingga pengembangan media pembelajaran berbasis AR pada materi *sorting* yang dapat diakses melalui perangkat mobile dinilai relevan dan sesuai dengan kebutuhan serta kondisi siswa.

2. Analisis Kebutuhan Guru

Penyampaian materi belum optimal karena terintegrasi dengan program ekolikuler, sehingga materi seperti algoritma *sorting* belum dipelajari secara mendalam. Kegiatan pembelajaran cenderung berpusat pada pendekatan ceramah dan penugasan yang menyebabkan keaktifan siswa relatif rendah. Media ajar masih terbatas pada PPT dan *Google Classroom*, namun guru memandang bahwa media berbasis *Augmented Reality* (AR) berpotensi menghadirkan lingkungan belajar yang menarik.

3. Implementasi Teknologi

Media *Augmented Reality* (AR) dirancang agar dapat diakses oleh siswa melalui *web browser* pada perangkat *mobile* maupun *desktop* dengan spesifikasi minimum yang menyesuaikan kondisi pengguna. Secara fungsional, sistem harus mampu menampilkan objek 3D, menjalankan video simulasi *sorting*, serta mendukung interaksi melalui pemindaian *QR code* atau *AR marker*, sedangkan secara non-fungsional media harus bersifat *user-friendly*, menarik, dan responsif.

4. Metode Pedagogi dan Capaian Belajar yang Diharapkan

Pendekatan *deep learning* terintegrasi dengan indikator berpikir kritis Ennis yang dispesifikkan pada 7 sub indikator: (1) memfokuskan pertanyaan; (2) menganalisa argumen; (3) mengobservasi dan mempertimbangkan hasil; (4) membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan; (5) mengidentifikasi asumsi; (6) memutuskan sebuah tindakan; dan (7) berinteraksi dengan orang lain. Melalui tahapan memahami, mengaplikasi, dan merefeksi, siswa akan didukung dalam menganalisis masalah, mengevaluasi algoritma, mengambil keputusan, serta berkolaborasi.

b. Tahap Desain (*Design*)

Pengembangan modul ajar dilakukan berdasarkan Capaian Pembelajaran (CP) 2024 Fase E Informatika elemen Berpikir Komputasional yang berfokus pada pemahaman algoritma standar dan penerapannya dalam penyelesaian masalah. Materi pembelajaran mencakup *Selection Sort*, *Bubble Sort*, dan *Insertion Sort* yang dikaitkan dengan permasalahan kontekstual dalam kehidupan nyata setiap harinya.

Model pembelajaran yang dipakai yaitu *Problem Based Learning* yang diselaraskan dengan prinsip pendekatan *Deep Learning* untuk meningkatkan kontribusi aktif siswa ketika kegiatan pembelajaran berlangsung. Media utama yang digunakan adalah aplikasi *Augmented Reality* (AR) memvisualisasikan proses *sorting* secara interaktif. Modul ajar yang dikembangkan juga memuat dimensi profil lulusan yang diintegrasikan dalam kegiatan diskusi, eksplorasi media AR, dan presentasi hasil analisis.

Pada tahap ini juga dibuat skenario penggunaan media AR yang dirancang untuk menggambarkan alur penggunaan media selama kegiatan pembelajaran. Perancangan skenario ini dibuat untuk memastikan bahwa penggunaan media AR terintegrasi dengan aktivitas belajar siswa sehingga mendukung kontribusi aktif dan pendalaman pemahaman pada konsep. Skenario pembelajaran divisualisasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skenario Pembelajaran

c. Tahap Pengembangan (Develop)

Terdapat dua jenis media AR yang digunakan diantaranya adalah *Interactive Bookshelf* dan video animasi berupa simulasi langkah sorting (*Selection Sort*, *Bubble Sort*, dan *Insertion Sort*). Keduanya dikembangkan melalui platform pembelajaran berbasis AR yaitu Assemblr EDU. Sebelum digunakan dalam penelitian, media AR melewati tahap validasi oleh ahli media terlebih dahulu.

Validasi media *Augmented Reality* (AR) mengkaji kelayakan media pembelajaran yang telah diperbaharui sebelum diterapkan dalam kegiatan pembelajaran. Penilaian dijalankan oleh dosen Pendidikan Ilmu Komputer sebagai ahli media, menggunakan instrumen validasi berbentuk angket skala Likert lima tingkat yang mencakup beberapa aspek, yaitu kesesuaian media dengan tujuan pembelajaran, kualitas visual dan audio, interaktivitas, kemudahan navigasi, konsistensi dan kelengkapan konten, serta kompatibilitas dan performa teknis media. Berdasarkan hasil penilaian terhadap 14 butir pernyataan, diperoleh skor total sebesar 59 dari skor maksimum 70. Hasil tersebut kemudian dikonversikan ke dalam bentuk persentase dan diperoleh nilai kelayakan sebesar 84,29%. Mengacu pada kriteria interpretasi kelayakan, media ini dikategorikan sebagai sangat baik/ layak.

Selain pengembangan media AR, terdapat juga pengembangan instrumen soal yang difungsikan sebagai alat ukur utama pada studi ini. Alat ukur soal berupa butir soal yang mengacu pada indikator kemampuan *critical thinking* dan digunakan pada tahap *pretest* serta *posttest*, dengan jumlah total 60 butir soal. Penyusunan instrumen mengacu pada Capaian Pembelajaran (CP) serta materi ajar yang kemudian disesuaikan dengan tingkat kognitif dan elemen *critical thinking* peserta didik. Instrumen tersebut divalidasi oleh dosen ahli dari program studi Pendidikan Ilmu Komputer hingga soal dinyatakan layak digunakan. Setelahnya uji validitas, reabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda dilakukan guna menentukan soal mana saja yang dipakai. Soal-soal tersebut kemudian dibagi secara proporsional menjadi masing-masing 20 soal untuk *pretest* dan *posttest*.

d. Tahap Implementasi (*Implementation*)

Tahap implementasi ialah prosedur yang bertujuan guna mengumpulkan data secara langsung dari subjek penelitian untuk mengetahui efektivitas pembelajaran. Seluruh kegiatan dilakukan pada kelas X TE 1 SMKN 12 Bandung yang terdiri dari 37 siswa sebagai sampel penelitian. Proses pengumpulan data berlangsung selama dua pertemuan pembelajaran mencakup tahap *pretest*, pelaksanaan perlakuan (*treatment*), dan *posttest*.



Gambar 3. Penggunaan Media AR

Pretest dilakukan dengan tujuan mengkaji keahlian awal siswa sebelum diberikannya perlakuan (*treatment*). Soal *pretest* terdiri dari 20 butir soal dengan indikator *critical thinking*, dengan materi konsep dasar dan jenis *sorting*. Setelah dilakukannya *pretest*, tahap pelaksanaan perlakuan (*treatment*) ini merupakan tahap inti dimana media AR akan digunakan dalam pembelajaran. Pelaksanaan perlakuan dilakukan dalam dua pertemuan tatap muka selama 4x45 menit pada masing-masing pertemuannya. Proses pembelajaran menggunakan pendekatan *deep learning* dengan dukungan media AR guna mengoptimalkan kemampuan *critical thinking* siswa. Setelah tahap *pretest* dan *treatment* diselesaikan, selanjutnya dilakukan pengukuran akhir (*posttest*). Soal yang diberikan merupakan soal yang setara dengan *pretest*. Nilai *posttest* ini selanjutnya akan dianalisis dengan membandingkan hasil *pretest* guna mengetahui keefektifan pembelajaran dan peningkatan kemampuan *critical thinking*.

e. Tahap Evaluasi (*Evaluation*)

Data penelitian yang sudah didapat selanjutnya akan diolah dan dianalisis untuk membuat kesimpulan dari seluruh tahap penelitian. Pada data hasil *pretest* dan *posttest* dioperasikan uji normalitas, *Paired Sample t-Test*, dan peningkatan N-Gain. Uji normalitas dijalankan dengan metode Shapiro-Wilk. Nilai dari uji normalitas disajikan melalui Tabel 1.

Tabel 1. Uji Normalitas Pretest dan Posttest

Jenis	n	\bar{x}	b	W Hitung	W Tabel	Kesimpulan
Pretest	37	48,37	78,3	0,965	0,936	Normal
Posttest	37	76,21	103,8	0,916	0,936	Tidak Normal

Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh nilai rerata *pretest* 48,37 dan rerata *posttest* 76,21. Kenaikan nilai tersebut menunjukkan adanya perbedaan kemampuan *critical thinking* siswa sebelum dan setelah diberi *treatment* berupa pembelajaran menggunakan pendekatan *deep learning* berbantuan media AR.

Uji perbedaan rerata nilai *pretest* dan *posttest* dilakukan dengan *Paired Sample t-Test* guna mendapatkan pengaruh perlakuan terhadap peningkatan hasil belajar. Berikut adalah hasil dari uji *Paired Sample t-Test* yang tersaji melalui Tabel 2.

Tabel 2. Uji Paired Sample t-Test

n	Rata-rata Pretest	Rata-rata Posttest	t-stat	df	P(T<=t) two-tail
37	48,37	76,21	-8,26	36	0,000

Hasil uji *Paired Sample T-Test* pada Tabel 2 menunjukkan angka signifikansi (2-tailed) sejumlah 0,000 ($p < 0.05$). Angka probabilitas yang sangat kecil ini memberikan bukti objektif yang kuat sebagai dasar penolakan hipotesis nol (H_0), sehingga ditegaskan bahwasanya terdapat perbedaan yang konkret dengan hasil *pretest* dan *posttest*. Oleh sebab itu, penerapan pendekatan *deep learning* berbantuan media AR memberi dampak yang signifikan pada peningkatan keterampilan *critical thinking* siswa.

Berdasarkan hasil pengolahan data dari total 37 siswa, didapat nilai rerata dan N-gain yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Peningkatan N-Gain Siswa

Komponen Statistik	Nilai Rata-rata	Kategori
Rata-rata Pretest	48,37	-
Rata-rata Posttest	76,21	-
Nilai N-Gain	0,52	Sedang

Temuan perhitungan uji *Normalized Gain* (N-Gain) pada Tabel 3 yaitu 0,52 tergolong ke kategori sedang, yang membuktikan bahwanya kenaikan kemampuan *critical thinking* siswa terletak pada kategori yang cukup efektif.

Analisis lebih lanjut dilakukan untuk melihat aspek berpikir kritis mana yang paling terlihat peningkatannya. Berikut adalah rinciannya yang tersaji dalam Tabel 4.

Tabel 4. Peningkatan N-Gain Perindikator

Indikator Critical Thinking	N-Gain	Kategori
<i>Elementary Clarification</i>	0,76	Tinggi
<i>Basic Support</i>	0,38	Sedang
<i>Inference</i>	0,86	Tinggi
<i>Advance Clarification</i>	0,44	Sedang
<i>Strategy and Tactic</i>	0,50	Sedang

Hasil perhitungan menunjukkan bahwasanya indikator penjelasan sederhana (*elementary clarification*) memperoleh nilai N-Gain 0,76 yang dikategorikan sebagai tinggi. Dapat disimpulkan bahwa siswa telah mampu memahami permasalahan, memfokuskan pertanyaan, serta mengidentifikasi informasi yang relevan dengan baik setelah pembelajaran. Indikator membangun kemampuan dasar (*basic support*) mendapat nilai N-Gain 0,38 yang dikategorikan sebagai sedang. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa kemampuan siswa dalam mempertimbangkan kredibilitas sumber serta menghubungkan hasil observasi dengan konsep yang relevan sudah mengalami peningkatan, namun belum optimal. Pada indikator mengambil kesimpulan (*inference*) memperoleh angka N-Gain 0,86 dengan kategori tinggi. Temuan yang tinggi pada indikator ini mengindikasikan bahwa siswa telah mampu membuat keputusan dan menarik kesimpulan berdasarkan hasil analisis terhadap permasalahan yang diberikan.

Selanjutnya indikator penjelasan lanjutan (*advance clarification*) memperoleh nilai N-Gain 0,44 yang dikategorikan sebagai sedang. Hal tersebut menunjukkan bahwa kemampuan siswa dalam mengidentifikasi asumsi dan memberikan penjelasan lanjutan terhadap suatu konsep sudah mengalami peningkatan, namun masih perlu dikembangkan. Indikator strategi dan taktik (*strategy and tactic*) memperlihatkan angka N-Gain 0,50 dengan kategori sedang. Kenaikan pada indikator ini menunjukkan bahwa siswa mulai bisa menentukan langkah penyelesaian masalah dan berinteraksi dalam diskusi kelompok.

Berlandaskan penjelasan yang sudah dipaparkan, dapat ditetapkan bahwasanya implementasi pendekatan *deep learning* yang didukung oleh media *Augmented Reality* mampu meningkatkan keterampilan *critical thinking* siswa, khususnya pada materi algoritma *sorting*, baik ditinjau dari peningkatan nilai rata-rata, hasil uji signifikansi, maupun nilai N-Gain yang didapat.

Selain evaluasi terhadap peningkatan kemampuan *critical thinking*, terdapat evaluasi terhadap media pembelajaran *Augmented Reality* (AR). Selama pembelajaran, siswa sangat antusias dalam mengakses media animasi AR yang telah diberikan. Sebagian besar siswa aktif mencoba mengoperasikan media AR baik *Interactive Bookshelf* maupun animasi *sorting* 1, 2, dan 3. Setelah berhasil mengakses, siswa aktif bertanya dan berdiskusi dengan temannya terkait permasalahan di soal LKPD yang harus mereka selesaikan. Banyak dari siswa yang menuliskan pada refleksi LKPD bahwa mereka bisa memahami materi lewat animasi *sorting* yang diberikan. Siswa merasa terbantu dan lebih paham dengan adanya animasi AR tersebut. Selain itu, pembelajaran juga jadi menyenangkan dan tidak membosankan dengan menggunakan media AR tersebut.

Selama pembelajaran, siswa seringkali mengeluh terkait sinyal yang buruk. Pengoperasian media AR akan terhambat jika kualitas sinyal buruk dikarenakan *platform* yang digunakan untuk mengakses media tersebut berbasis *online*. Dampaknya pada media AR *Interactive Bookshelf* adalah, buku yang disentuh tidak mau berpindah atau perpindahannya *delay*. Kemudian pada animasi *sorting* lainnya, kendalanya adalah tidak munculnya objek pada *marker*.

Hasil implementasi diatas mengindikasikan media AR mampu memfasilitasi siswa dalam pemahaman konsep *sorting*, meningkatkan antusiasme belajar, serta menciptakan situasi belajar yang menyenangkan (*joyful learning*). Temuan tersebut mengindikasikan bahwa media AR yang telah dikembangkan sudah selaras dengan kepentingan pembelajaran dan berpotensi dalam mendukung peningkatan kemampuan *critical thinking* siswa. Temuan studi ini juga selaras dengan temuan Fitriana et al. (2025), yang menunjukkan bahwasanya pemanfaatan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* melalui aplikasi Assemblr Edu berpengaruh signifikan pada pengoptimalan kemampuan *critical thinking* mahasiswa.

Implementasi pendekatan *Deep Learning* yang didukung oleh media AR memacu siswa supaya lebih aktif dalam mengajukan pertanyaan, berdiskusi, mengutarakan opini, serta terlibat dalam kegiatan pembelajaran. Proses pembelajaran pun bergeser dari yang awalnya berorientasi pada guru beralih menjadi berorientasi pada siswa, yang secara mandiri membangun pemahamannya sendiri melalui eksplorasi media AR.

Keterlibatan aktif siswa dalam memahami konsep, mengaplikasikan pengetahuan, dan merefleksikan hasil pembelajaran mengindikasikan bahwa pendekatan *Deep Learning* yang diterapkan dapat memfasilitasi pengembangan keterampilan berpikir kritis sesuai dengan indikator Ennis. Temuan tersebut selaras dengan studi yang dijalankan oleh Mailani et al. (2025) yang menerangkan bahwasanya implementasi

pendekatan *Deep Learning* berbantuan media interaktif mampu meningkatkan kemampuan *critical thinking* serta mendorong partisipasi aktif siswa.

Efektivitas media AR dalam studi ini dapat dijelaskan melalui dua mekanisme utama. Pertama, visualisasi konsep algoritmik melalui animasi 3D terbukti meningkatkan kemampuan kognitif siswa dalam memahami alur kerja *sorting* yang bersifat abstrak, sejalan dengan prinsip *Cognitive Theory of Multimedia Learning* yang menyatakan bahwa penyajian materi secara visual dan verbal secara simultan mampu mengurangi beban kognitif dan meningkatkan pemahaman konseptual (Mayer, 2020). Hal ini sejalan dengan studi Alkhabra et al. (2023) yang menemukan bahwa teknologi AR secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dalam program STEAM dibandingkan pembelajaran konvensional. Kedua, sifat interaktif media AR mendorong keterlibatan (*engagement*) siswa yang lebih tinggi karena siswa tidak sekadar mengamati, tetapi secara aktif menjelajahi dan memanipulasi objek virtual. Tingginya antusiasme siswa saat mengakses *Interactive Bookshelf* dan animasi *sorting* mencerminkan peningkatan motivasi intrinsik yang pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis, sebagaimana pula dikonfirmasi oleh Saidin et al. (2024) yang menemukan bahwa penggunaan *mobile AR* secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan visualisasi siswa terhadap konsep-konsep abstrak.

Temuan penelitian ini juga dapat dipahami melalui kerangka *Experiential Learning Theory* (ELT) Kolb (2015). Proses pembelajaran yang berlangsung dalam penelitian ini sejalan dengan keempat tahap siklus ELT: siswa memperoleh pengalaman konkret saat pertama kali mengakses animasi AR (*concrete experience*), melakukan pengamatan dan diskusi kelompok terhadap pola algoritma yang ditampilkan (*reflective observation*), membangun pemahaman konseptual tentang logika *sorting* (*abstract conceptualization*), serta mengaplikasikan pemahaman tersebut dalam menyelesaikan soal-soal LKPD (*active experimentation*). Pencapaian nilai N-Gain tertinggi pada indikator *elementary clarification* (0,76) dan *inference* (0,86) mencerminkan bahwa tahap *concrete experience* dan *reflective observation* yang difasilitasi media AR telah berjalan optimal, sejalan dengan temuan Chen et al. (2025) yang menunjukkan bahwa desain pembelajaran berbasis AR yang mengikuti siklus ELT secara signifikan meningkatkan performa akademik dan keterlibatan siswa.

Meskipun demikian, terdapat ancaman terhadap validitas internal yang perlu diakui secara serius dalam penelitian ini. Desain *one group pretest-posttest* tanpa kelompok kontrol menyebabkan sulit untuk memastikan secara konklusif bahwa peningkatan kemampuan berpikir kritis yang terjadi semata-mata disebabkan oleh perlakuan (penggunaan AR dan pendekatan *Deep Learning*), bukan oleh faktor-faktor lain seperti kematangan (*maturation*), efek pengujian berulang (*testing effect*), maupun pengaruh pembelajaran paralel di luar kelas. Keterbatasan ini merupakan kelemahan metodologis yang serius dan perlu menjadi perhatian dalam menginterpretasikan hasil penelitian. Temuan yang diperoleh sebaiknya dipandang sebagai indikasi awal yang menjanjikan, bukan sebagai bukti kausalitas yang definitif. Penelitian lanjutan dengan desain eksperimen yang menyertakan kelompok kontrol sangat diperlukan untuk memperoleh kesimpulan yang lebih valid.

4. SIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi pendekatan *deep learning* berbantuan media *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran Informatika mampu memfasilitasi pengalaman belajar yang berkesadaran (*mindful*), bermakna

(*meaningful*), dan menggembirakan (*joyful*), hingga murid lebih aktif terlibat dalam proses observasi, diskusi, analisis, serta pengambilan keputusan yang mendukung berkembangnya kemampuan *critical thinking*. Hasil analisis data membuktikan *critical thinking* siswa yang meningkat setelah penerapan pembelajaran tersebut, yang dibuktikan melalui uji *Paired Sample T-Test* dengan angka signifikansi sejumlah 0,000 ($p < 0,05$) maka hasil *pretest* dan *posttest* memiliki perbedaan yang konkret. Selain itu, angka N-Gain sejumlah 0,52 yang diklasifikasikan pada kategori sedang, mengindikasikan bahwa penerapan pendekatan *deep learning* berbantuan media AR cukup optimal dalam mengoptimalkan keahlian *critical thinking* siswa. Meski demikian, penelitian ini masih terdapat keterbatasan, di antaranya tidak adanya kelompok kontrol yang merupakan ancaman terhadap validitas internal penelitian dan menyebabkan hubungan kausal antara perlakuan dan peningkatan *critical thinking* tidak dapat ditetapkan secara definitif. Selain itu, waktu pelaksanaan yang singkat dan ketergantungan media AR pada konektivitas internet yang stabil turut membatasi generalisasi temuan ini.

Penelitian berikutnya disarankan memakai desain eksperimen yang menggunakan kelas kontrol, melaksanakan penelitian dengan jangka waktu lebih lama, serta mengembangkan media AR yang memungkinkan untuk diakses secara *offline* atau dioptimalkan pada perangkat yang lebih stabil agar implementasi pembelajaran dapat berlangsung lebih efektif dan optimal.

5. PERNYATAAN PENULIS

Penulis menyampaikan bahwa tidak ada konflik kepentingan dalam penerbitan artikel ini dan menjamin bahwa naskah merupakan karya bebas plagiarisme.

6. REFERENSI

- Alkhabra, Y. A., Ibrahim, U. M., & Alkhabra, S. A. (2023). Augmented reality technology in enhancing learning retention and critical thinking according to STEAM program. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10, Article 174. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01650-w>
- Arfika, N., Adillah, R., Purba, F. P. Y., & Yus, A. (2023). Analisis Media Belajar Digital di Generasi Alpha Era Society 5.0 Mendukung Kurikulum Merdeka. *Jurnal Generasi Ceria Indonesia*, 1(2), 84-88. <https://doi.org/10.47709/geci.v1i2.3177>
- Arif, M. N., Parawansyah, M. I., Huda, F. H., & Zulfahmi, M. N. (2025). Strategi menumbuhkan minat belajar siswa melalui pendekatan deep learning. *Jurnal Muassis Pendidikan Dasar*, 4(1), 8-16. <https://doi.org/10.55732/jmpd.v4i1.989>
- Chen, G., Wang, H., Liang, A., Oubibi, M., & Zhou, Y. (2025). From detached observer to immersive participant: An augmented reality-based experiential learning approach to promote academic performance and learning behaviors in science education. *Computers in Human Behavior Reports*, 19, Article 100756. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2025.100756>
- Crogman, H. T., Cano, V. D., Pacheco, E., Sonawane, R. B., & Boroon, R. (2025). Virtual reality, augmented reality, and mixed reality in experiential learning: Transforming educational paradigms. *Education Sciences*, 15(3), Article 303. <https://doi.org/10.3390/educsci15030303>
- Djati, W. R., Widiyatmoko, A., & Pamelasari, S. D. (2022). Penerapan Media Augmented Reality Pada Pembelajaran Ipa Untuk Melatih Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa. In *Proceeding Seminar Nasional IPA* (pp. 167-172).

- Fitriana, N., Ikhwaningrum, D. U., & Fakhrunnia, B. R. R. (2025). Augmented reality sebagai media pembelajaran: Peningkatan berpikir kritis mahasiswa dengan Assemblr Edu. *Edukasi: Jurnal Pendidikan*, 23(1), 33–47.
- Hariyanti, R. M. (2024). Deep learning pada pembelajaran “Engkong Banjit”: Best practice dari P5RA MIN 2 Banjit, Way Kanan. *Sinergi Aksi Inovasi Budaya Menulis Inspiratif*, 2(2), 90-101.
- Hattie, J. (2020). *Visible learning effect sizes when schools are closed: What matters and what does not*. SAGE Publications.
- Hidayat, F., & Nizar, M. (2021). Model Addie (Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation) Dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam Addie (Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation) Model in Islamic Education Learning. *J. Inov. Pendidik. Agama Islam*, 1(1), 28-37.
- Hidayati, K., Pambudi, N. A., & Widiastuti, I. (2024). Efektivitas Penggunaan Media Pembelajaran Berbasis Mobile Sebagai Upaya Peningkatan Kecakapan Siswa di Abad 21 pada Sekolah Menengah Kejuruan. *JIPTEK: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik dan Kejuruan*, 17(2), 145-156. <https://doi.org/10.20961/jiptek.v17i2.75523>
- Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah Republik Indonesia. (2025). *Naskah akademik pembelajaran mendalam: Menuju pendidikan bermutu untuk semua*. Pusat Kurikulum dan Pembelajaran, Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan.
- Kemntrian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. (2023). *Indeks Masyarakat Digital Indonesia (IMDI) Tahun 2023*. Badan Pengembangan SDM Kominfo Kementerian Komunikasi dan Informatika.
- Khoerunnisa, P., & Aqwal, S. M. (2020). Analisis model-model pembelajaran. *Fondatia*, 4(1), 1–27. <https://doi.org/10.36088/fondatia.v4i1.441>
- Kolb, D. A. (2015). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development* (2nd ed.). Pearson Education.
- Kurniasari, Y. (2014). *Pengaruh Pembelajaran IPS Terpadu Terhadap Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Dan Bermakna Pada Siswa*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Mailani, E., Nur Rarastika, Hizkia Adventy Saragih, Geby Juwita Patrisia Butar Butar, & Olga Griselda Tarigan. (2025). Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas 3 SD Melalui Pembelajaran Matematika Dengan Pendekatan Deep Learning Dan Media Interaktif. *Journal Educational Research and Development / E-ISSN: 3063-9158*, 1(4), 417–424. <https://jurnal.globalscients.com/index.php/jerd/article/view/465>
- Mayer, R. E. (2020). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Rofi'ah, S., & Rokhmaniyah, R. (2024). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa dalam Memecahkan Masalah pada Mata Pelajaran IPAS kelas V Sekolah Dasar. *Social, Humanities, and Educational Studies (SHES): Conference Series*, 7(3). <http://dx.doi.org/10.20961/shes.v7i3.92274>
- Saidin, N. F., Abd Halim, N. D., Yahaya, N., & Zulkifli, N. N. (2024). Enhancing students' critical thinking and visualisation skills through mobile augmented reality. *Knowledge Management & E-Learning*, 16(1), 1–41. <https://doi.org/10.34105/j.kmel.2024.16.001>
- Sholeh, M., Triyono, J., Haryani, P., & Fatkhiyah, E. (2021). Penggunaan dan pengembangan aplikasi berbasis augmented reality untuk dunia pendidikan. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*. <https://doi.org/10.31764/jmm.v5i5.5761>

- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Soubberman, Eds.). Harvard University Press.
- Wayudi, M., Suwatno, Santoso, B. (2020). Kajian analisis keterampilan berpikir kritis siswa sekolah menengah atas. *JURNAL PENDIDIKAN MANAJEMEN PERKANTORAN* Vol. 5 No. 1, January 2020, Hal. 67-82.