

Pengembangan e-Modul Berbasis *Augmented Reality* (AR) Berorientasi Kemampuan Literasi Digital Siswa pada Materi Bentuk Molekul

Meylana Mahardhika Aryomiati^{1),*}, Afrida¹⁾, Febbry Romundza¹⁾, Isra Miharti¹⁾, Firdiawan Ekaputra¹⁾

¹⁾Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Jambi

*Corresponding Author : meylana.jambi1209@gmail.com

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan e-Modul berbasis *Augmented Reality* (AR) berorientasi pada kemampuan literasi digital siswa pada materi bentuk molekul. Hal ini karena hasil dari wawancara dan analisis siswa SMA 6 Muaro Jambi mengungkapkan bahwa pemanfaatan media pembelajaran berbasis teknologi di lingkungan sekolah masih belum optimalnya, serta masih kurangnya bahan ajar modul digital mampu meningkatkan pemahaman topik bentuk molekul bersifat abstrak selama proses pembelajaran. membuat siswa belum memahami konsep bentuk molekul yang abstrak dalam proses pembelajaran. Literasi digital diterapkan melalui penggunaan teknologi digital dan fitur interaktif selama proses pembelajaran. Bahan ajar e-Modul berbasis AR untuk mengetahui hasil kelayakan produk berdasarkan validasi para ahli, pendidik, maupun respon siswa. Pengembangan menggunakan pendekatan pengembangan model pengembangan Lee & Owens (2004) dengan tahapan yang meliputi analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Kegiatan dilaksanakan pada siswa kelas XI-2 SMA Negeri 6 Muaro Jambi. Instrumen penilaian berupa lembar wawancara, angket validasi ahli media, angket validasi ahli materi, angket penilaian guru, dan angket respon siswa. Analisis data dilakukakan secara kualitatif dan kuantitatif dengan teknik presentase. Diperoleh data hasil menunjukkan bahwa e-Modul berbasis AR memperoleh persen validasi ahli media sebesar 94,7% termasuk sangat layak, serta validasi ahli materi sebesar 95,7% sangat layak. Penilaian guru mencapai persentase sebesar 87,5% dan respon siswa sebesar 88,6% yang keduanya termasuk dalam kategori sangat baik. Berdasarkan hasil tersebut, e-Modul berbasis AR berorientasi kemampuan literasi digital siswa pada materi bentuk molekul dinyatakan layak untuk digunakan sebagai media pembelajaran kimia. Perluasan pemanfaatan e-Modul berbasis AR berorientasi meningkatkan literasi digital memiliki keunggulan siswa bisa mengakses materi melalui perangkat digital, menggunakan fitur AR dengan 3D yang lebih konkret, serta kemampuan menampilkan konsep abstrak dalam bentuk visual 3D sehingga lebih mudah dimengerti oleh siswa.

Kata Kunci: e-Modul; *Augmented Reality*; Literasi Digital; Bentuk Molekul

This is an open access article under the CC - BY license.



PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan suatu tahapan mengembangkan potensi siswa dalam ranah kemampuan intelektual, keterampilan, maupun sikap. Kemajuan teknologi informasi serta komunikasi di era digital menuntut proses pembelajaran untuk menyesuaikan diri dengan tuntutan dan tantangan pembelajaran abad ke-21. Dalam konteks globalisasi dan digitalisasi yang berkembang pesat saat ini, peran pendidikan semakin berkembang menjadi sarana untuk membekali siswa agar mampu beradaptasi dengan kemajuan teknologi dan informasi (Pristiwanti et al., 2022).

Kurikulum merdeka hadir sebagai inisiatif pemerintah dalam meningkatkan mutu belajar dengan memperkuat keterampilan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, kerja sama, dan literasi digital. Maka dari itu, pemanfaatan teknologi dalam proses pembelajaran menjadi sangat krusial agar siswa dapat menyesuaikan diri dengan perkembangan zaman, dengan memprioritaskan penguatan *soft skill* dan literasi digital yang sangat diperlukan di abad ke-21. Untuk memberikan kebebasan dalam pelaksanaan pembelajaran kepada siswa dengan berbagai kegiatan agar siswa memperoleh pemahaman yang lebih mendalam dan efektif (Mulyasa, 2023).

Guna memastikan pembelajaran perkembangan teknologi abad ke-21, diperlukan penguasaan keterampilan abad ke-21 yang merupakan pergeseran paradigma pembelajaran. Adapun tujuan dari pembelajaran *student center* agar siswa dapat menguasai pemahaman akademik tetapi mendorong siswa untuk mencakup keterampilan 6C yaitu *Critical Thinking* (berpikir kritis), *Creativity Thinking* (berfikir kreatif), *Collaboration* (kolaborasi), *Citizenship*

(kewarganegaraan), *Character* (karakter) dan *Communication* (komunikasi) yang sejalan dengan tujuan dari penerapan kurikulum merdeka (Iskandar et al., 2022).

Pembelajaran kimia terdapat beberapa topik yang cenderung sulit dipahami oleh siswa mengingat sifatnya abstrak. Salah satunya adalah topik mengenai bentuk molekul. Topik ini mengkaji susunan atom dalam ruang tiga dimensi berdasarkan teori VSEPR (*Valence Shell Electron Pair Repulsion*) serta teori domain elektron. Kesulitan memahami bentuk molekul mengakibatkan siswa mengalami hambatan dalam memahami hubungan bentuk molekul dengan sifat suatu senyawa. Oleh karena itu, diperlukan suatu media pembelajaran yang mampu membantu memvisualisasikan konsep visualisasi yang lebih nyata. (Anjarsari et al., 2023)

Topik bentuk molekul merupakan bahasan mengenai susunan 3D atom penyusun bentuk molekul. Molekul didasarkan pemahaman pada teori VSEPR dan teori domain yang berada disekitar atom pusat dan berkaitan erat oleh sifat fisika dan kimia suatu zat, contohnya kepolaran, interaksi antar molekul. Penerapan multimedia interaktif seiring dengan teori konstruktivistik yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh peserta didik melalui pengalaman belajar. Dengan adanya media pembelajaran berbasis teknologi, siswa tidak hanya menerima informasi melainkan dapat melihat keabstrakan melainkan dapat melihat meningkatkan pembentukan pemahaman media dapat berlangsung bermanfaat (Azzahra et al., 2025).

Dalam pengembangan media berbasis teknologi, diperlukan suatu perangkat teknologi software yang mendukung proses penyampaian materi sangat terpadu seperti AR. e-Modul berbasis AR memadukan dunia nyata dan objek virtual. AR ini menampilkan animasi (2D) yang disempurnakan menjadi bentuk (3D) pada dunia nyata, Dimana objek gambar bisa dapat memvisualisasikan konsep abstrak, memahami struktur objek gambar, serta memberikan informasi yang lebih mendetail (Fitriana et al., 2025).

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru kimia di SMA Negeri 6 Muaro Jambi diperoleh informasi bahwa kurikulum yang digunakan adalah kurikulum merdeka dengan nilai Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP) pada pembelajaran kimia adalah 68. Sebagian besar siswa mengalami kesulitan memahami topik bentuk molekul karena konsep yang bersifat abstrak dan kompleks. Selain itu, penerapan media pembelajaran berbasis teknologi masih belum optimal. Guru masih dominan menggunakan buku cetak dan metode ceramah sehingga minat siswa mengikuti pembelajaran kurang terbangun. Hasil evaluasi siswa pada topik bentuk molekul menunjukkan rata-rata nilai hanya mencapai 40%. Hal tersebut hasil belajar siswa pada topik bentuk molekul masih tergolong rendah mengalami kesulitan memahami visualisasi bentuk molekul abstrak.

Data penilaian angket analisis karakteristik siswa menunjukkan bahwa sebagian besar siswa telah memiliki *smartphone* dan terbiasa menggunakan internet untuk belajar. Sebanyak 93,5% siswa tertarik menggunakan media pembelajaran digital yang interaktif dan menampilkan gambar 3D. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi sangat memungkinkan untuk diterapkan dalam pembelajaran kimia.

Produk e-Modul yang dirancang hadir untuk dikembangkan berbasis AR. e-Modul merupakan media pembelajaran yang praktis yang dapat diakses melalui perangkat digital *smartphone* atau laptop. Penggunaan teknologi AR memungkinkan siswa melihat visualisasi objek tiga dimensi secara nyata sehingga dapat membantu memahami konsep abstrak pada topik bentuk molekul. Dapat membantu pemahaman konsep, penggunaan e-Modul berbasis AR juga berorientasi kemampuan literasi digital siswa melalui aktivitas perangkat digital dalam proses pembelajaran.

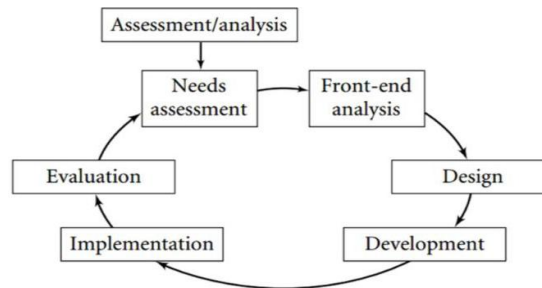
Perancangan bahan ajar digital AR berorientasikan kemampuan digital merupakan kemampuan seseorang dalam mengakses, memahami, mengevaluasi, dan memanfaatkan informasi berbasis teknologi digital secara efektif dan bertanggung jawab. Kemampuan ini menjadi salah satu kompetensi penting dalam pembelajaran abad ke-21. Oleh karena itu, pengembangan media pembelajaran berbasis AR diharapkan mampu menciptakan aktivitas pembelajaran kolaboratif, inovatif, dan mampu mengembangkan kompetensi teknologi (Putra & Yuhelman, 2025)

Hasil pengembangan permasalahan yang peneliti temukan kebutuhan pembelajaran yang telah dijelaskan, bahwa penggunaan media pembelajaran berbasis AR dapat meningkatkan literasi digital siswa dan pemahaman konsep siswa pada pembelajaran kimia. Pengembangan e-Modul berbasis AR pada topik bentuk molekul yang berorientasi kemampuan literasi digital siswa masih belum banyak dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk

mengembangkan e-Modul berbasis AR berorientasi kemampuan literasi digital siswa pada topik bentuk molekul untuk mengetahui kpraktisan produk penilaian validator para ahli, penilaian guru dan mengetahui respon siswa terhadap media e-Modul berbasis AR yang dikembangkan.

METODE

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan Lee & Owens yang terdiri atas lima tahap, yaitu *analysis*, *design*, *development*, *implementation*, dan *evaluation*. Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 6 Muaro Jambi pada siswa kelas XI-2.



Gambar 1. Langkah Model Pengembangan Lee&Owens

Tahap *Analysis*, dengan menganalisis kebutuhan pembelajaran, karakteristik siswa, kurikulum, dan permasalahan pembelajaran kimia khususnya pada materi bentuk molekul. Data diperoleh melalui wawancara guru kimia dan penyebaran angket analisis kebutuhan siswa di kelas XI-2 SMA Negeri 6 Muaro Jambi. Hasil analisis menunjukkan bahwa siswa masih menghadapi kesulitan dalam memahami materi bentuk molekul disebabkan konsepnya yang abstrak dan penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi di sekolah belum maksimal.

Tahap *Design* dilakukan, dengan menyusun desain awal berdasarkan yang telah diperoleh, meliputi pembuatan *flowchart* dan *storyboard* yang disesuaikan dengan kurikulum di sekolah sesuai tujuan pembelajaran. Selanjutnya dengan media *Canva* sebagai media desain. Desain e-Modul berbasis AR 3D yang nyata menggunakan bantuan *Assemblr Edu* dan *Liveworksheet* sebagai software struktur materi, tampilan media, dan instrumen penelitian.

Tahap *Development* dilakukan, dengan mengembangkan produk menggunakan beberapa aplikasi *Canva*, *Liveworksheet*, dan *Assemblr Edu*. Media yang dikembangkan e-Modul berbasis AR serta dilengkapi materi, visualisasi objek 3D, video pembelajaran, latihan soal, dan evaluasi pembelajaran. Setelah media selesai dikembangkan, selanjutnya dilakukan validasi para ahli media dan ahli materi untuk mengetahui tingkat kesesuaian produk yang dihasilkan.

Tahap *Implementation*, dengan media diuji cobakan dengan siswa kelas XI-2 SMA Negeri 6 Muaro Jambi menggunakan uji coba one-to-one dengan melibatkan siswa yang memiliki kemampuan kognitif tingkat tinggi, sedang, dan rendah. Kegiatan uji cob ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kemudahan penggunaan media, kejelasan isi materi, serta respon individu siswa terhadap e-Modul yang dikembangkan. Tahap evaluasi dilanjutkan pada tahapan selanjutnya untuk memperbaiki dan menyempurnakan e-Modul berbasis AR yang dihasilkan.

Subjek dalam penelitian meliputi penilaian validasi validator para ahli media, validator ahli materi, pendidik, serta 10 siswa kelas XI-2 SMA Negeri 6 Muaro Jambi. Pemilihan siswa sebagai objek penelitian ini masih berada pada tahap awal pengembangan produk. Uji coba terbatas dilakukan untuk memperoleh informasi awal terkait tingkat kelayakan, kepraktisan, serta respons pengguna terhadap produk yang dikembangkan sebelum diterapkan pada skala yang lebih luas. Adapun objek penelitian ini adalah pengembangan e-Modul berbasis AR yang berorientasikan pada peningkatan literasi digital pada materi bentuk molekul.

Tahap *Evaluation* dilakukan, dengan tujuan evaluasi dari keseluruhan proses pengembangan berdasarkan hasil validasi para ahli, penilaian guru dan respon siswa agar produk yang dihasilkan dapat lebih baik dan sesuai untuk digunakan dalam proses pembelajaran kimia.

Instrumen hasil data menggunakan lembar wawancara, angket analisis kebutuhan dan karakteristik siswa, angket validasi ahli media, penilaian angket validasi ahli materi, lembar respon guru, dan lembar respon siswa. Hasil data penelitian dapat dianalisis secara kualitatif berdasarkan komentar, saran validator, guru, dan siswa. serta secara kuantitatif dengan skor persentase menggunakan rumus persentase. Kriteria penilaian ditentukan berdasarkan persentase kelayakan produk dengan kategori sangat layak, layak, cukup layak, dan tidak layak sebagaimana dipaparkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Penilaian (Widoyoko, 2012).

No	Rerata Skor Jawaban	Presentase (%)	Kriteria Penilaian
1	>4,2 - 5,0	80%-100%	Sangat Layak
2	>3,4 - 4,2	61%-80%	Layak
3	>2,6 - 3,4	41%-60%	Kurang Layak
4	> 1,8 - 2,6	21%-40%	Tidak Layak
5	1,0 - 1,8	0%-20%	Sangat Tidak Layak

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan media pembelajaran e-Modul berbasis *Augmented Reality* (AR) berfokus pada kemampuan literasi digital siswa pada materi bentuk molekul. Produk dikembangkan menggunakan model Lee & Owens dengan lima tahapan utama yaitu: analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Hasil akhir penelitian menunjukkan bahwa e-Modul yang dikembangkan layak digunakan sebagai media pembelajaran kimia (Lee & Owens, 2004). Analisis kebutuhan hasil siswa menghadapi keabstrakan dalam memahami materi bentuk molekul karena konsep yang dipelajari bersifat abstrak sehingga kurang dipahami dan memvisualisasikan oleh siswa. Selain itu, penerapan e-Modul berbantuan AR kurang optimal di lingkungan sekolah. Sebagian besar siswa tertarik menggunakan media pembelajaran digital interaktif yang dapat diakses melalui *smartphone*.

Produk e-Modul dikembangkan terdiri atas halaman *cover*, petunjuk pemakaian, capaian pembelajaran (CP), tujuan pembelajaran (TP) materi bentuk molekul, aktivitas AR, kuis interaktif, refleksi, dan profil pengembang. Visualisasi AR dikembangkan menggunakan aplikasi *Assemblr Edu* sehingga siswa dapat melihat bentuk molekul secara tiga dimensi melalui perangkat digital.

Hasil validasi kelayakan menunjukkan bahwa e-Modul berbasis AR memperoleh kategori sangat layak dari ahli media dan ahli materi. Setelah dilakukan revisi berdasarkan saran paravalidator, guru kimia, dan siswa. Pada tahap pertama validasi ahli media diperoleh hasil 65,4% tahap kedua validasi ahli media diperoleh 94,7% (Sangat Layak) sedangkan tahap validasi ahli materi diperoleh hasil yang pertama 64% dan tahap kedua validasi ahli materi diperoleh hasil 95,7% (Sangat Layak). Selain itu, hasil penilaian guru diperoleh hasil 87,5% dan respon siswa 88,6% sangat layak yang menemukan bahwa sudah sesuai jika digunakan dalam proses pembelajaran guru kimia disekolah. menarik, mudah digunakan, dan mampu membantu siswa memahami bentuk abstrak materi bentuk molekul.

Penilaian guru menyatakan sudah sesuai jika dipaparkan saat pembelajaran berlangsung. Guru kimia menilai bahwa e-Modul mampu membantu proses pembelajaran karena materi disajikan sangat menarik dan interaktif. Lebih lanjut, respon siswa lebih tertarik belajar menggunakan media berbasis AR dibandingkan dengan menggunakan buku cetak atau metode ceramah. Penggunaan teknologi AR pada e-Modul membantu siswa memvisualisasikan bentuk molekul secara lebih nyata dengan objek 3D. hal tersebut membuat siswa lebih mudah memahami hubungan bentuk molekul dengan teori VSEPR dan pasangan elektron domain. Pembelajaran menjadi lebih bermakna agar siswa dapat melihat langsung bentuk molekul melalui perangkat digital yang digunakan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan teori konstruktivistik yang menekankan bahwa siswa membangun pengetahuan melalui pengalaman belajar secara langsung. Siswa tidak hanya menerima materi dari guru, tetapi juga aktif mengeksplorasi bentuk visualisasi bentuk molekul melalui fitur AR pada media e-Modul dengan objek molekul berbasis AR. Visualisasi tersebut memungkinkan siswa memahami hubungan antara teori VSEPR, pasangan elektron, dan bentuk geometri molekul secara lebih bermakna.

Teori multimedia learning yang dikemukakan oleh (Mayer, 2022) dengan model pembelajaran efektif dengan penggunaan kombinasi teks, gambar, video, dan visualisasi AR yang mendukung teori *multimedia learning*. e-Modul yang dikembangkan memadukan materi, gambar, video, latihan interaktif, dan visualisasi AR sehingga mampu meningkatkan perhatian dan retensi informasi. Hal ini terlihat dari respon siswa yang melihat bahwa media lebih praktis dan memudahkan mereka memahami konsep kimia yang sulit dipelajari melalui penjelasan verbal dibandingkan pembelajaran konvensional.

Selain mendukung teori pembelajaran, hasil penelitian ini sangat relevan dengan penelitian sebelumnya. Temuan yang sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Mahmud & Cempaka, 2022) menyebutkan bahwa penggunaan AR dapat menciptakan *immersive learning experience* yang meningkatkan keterlibatan dan memori visual siswa terhadap konsep ilmiah. Siswa menunjukkan antusiasme tinggi ketika menggunakan fitur AR karena objek molekul dapat diamati secara nyata dalam bentuk tiga dimensi. Hal tersebut menunjukkan bahwa AR mampu meningkatkan engagement siswa dalam pembelajaran konsep kimia abstrak.

Bahwasaya AR dapat meningkatkan pemahaman konsep literasi digital siswa dengan penggunaan media digital. Siswa menggunakan e-Modul dan mengakses informasi digital, menggunakan fitur teknologi, dan memanfaatkan literasi digital sebagai sumber belajar. Dengan demikian, pembelajaran ini tidak hanya membantu pemahaman konsep kimia, tetapi juga mendukung keterampilan abad ke-21 dan keterlibatan pembelajaran siswa karena memungkinkan siswa berinteraksi langsung dengan objek digital. Dan siswa lebih mudah memahami bentuk molekul dan kepolaran senyawa karena visualisasi AR membantu siswa melihat susunan atom dan pasangan elektron secara lebih jelas dibandingkan gambar dua dimensi pada buku (Yusup et al., 2023)

Di sisi lain, penelitian ini bahwa penggunaan teknologi digital tidak selalu berjalan tanpa hambatan. Beberapa siswa pada tahap awal mengalami kesulitan mengoperasikan fitur AR karena belum terbiasa mengoperasikan media pembelajaran berbasis teknologi. Hasil penelitian ini membuktikan bahwasanya keberhasilan penerapan perkembangan e-Modul berbasis teknologi AR dipengaruhi kelayakan media, tidak hanya kompetensi teknologi serta kemampuan digital siswa. Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa penggunaan AR memerlukan pendampingan guru agar proses pembelajaran dapat berjalan optimal.

Walaupun demikian, secara umum hasil penelitian menunjukkan bahwa e-Modul berbasis AR memberikan dampak positif terhadap kemampuan literasi digital siswa. Siswa tidak hanya belajar memahami materi kimia, tetapi juga belajar mengakses, mengoperasikan, dan mengoptimalkan teknologi digital sebagai sarana pembelajaran. Literasi digital mencakup kemampuan mengakses, memahami, mengevaluasi, dan memanfaatkan informasi digital secara efektif dan bertanggung jawab. Hasil penelitian ini juga relevan dengan tuntutan kurikulum merdeka yang menekankan penguatan keterampilan abad ke-21, terutama literasi digital, kreativitas, dan kemampuan berpikir kritis. Penggunaan e-Modul berbasis AR memberikan kesempatan kepada siswa untuk belajar secara mandiri, aktif, dan interaktif melalui eksplorasi media digital. Dengan demikian, media yang dikembangkan tidak sekedar berperan sebagai sarana pendukung digital, visualisasi konsep abstrak, memanfaatkan media dalam membentuk pembelajaran akan mendorong pembelajaran berlandaskan kreatif literasi digital pada peran aktif siswa dalam pembelajaran (Saumi et al., 2022)

SIMPULAN

Hasil penelitian ini berhasil pengembangan produk e-Modul berbasis AR berorientasi kemampuan literasi digital siswa pada materi bentuk molekul. Produk dikembangkan menggunakan model Lee & Owens (2004) melalui lima tahap utama, yaitu analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Media yang dikembangkan berdasarkan hasil validasi ahli media memperoleh persentase sebesar 94,7% dan validasi ahli materi sebesar 95,7% keduanya termasuk dalam kategori sangat baik. Penilaian guru memperoleh persentase sebesar 87,5% dan respon siswa sebesar 88,6% keduanya termasuk dalam kategori sangat baik. Berdasarkan penelitian membuktikan penggunaan e-Modul berbasis AR dinyatakan layak digunakan sebagai media pembelajaran kimia yang mampu membantu siswa memahami konsep bentuk molekul yang abstrak melalui visualisasi 3D yang lebih nyata dan interaktif. Selain membantu pemahaman konsep kimia, penggunaan e-Modul berbasis AR mendukung kemampuan pengetahuan digital melalui penerapan kompetensi digital dalam pembelajaran. Dengan demikian Novelty penelitian ini terletak pada integrasi AR dengan 3D pada e-Modul pada materi bentuk molekul dan berorientasi meningkatkan literasi digital siswa. Secara praktis media elektronik berbantuan AR layak berdasarkan aspek dan tujuan, capaian pembelajaran memenuhi kriteria penilaian

ditentukan sebagai media pengalaman kimia pada materi bentuk molekul visualisasi konsep abstrak, serta mendukung kemampuan literasi digital siswa.

Daftar Pustaka

- Anjarsari, D., Putri, A. R., & Mahendra, F. (2023). Analisis kesulitan siswa pada materi bentuk molekul dalam pembelajaran kimia. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 7(2), 115–124.
- Azzahra, N., Hidayat, T., & Pratama, R. (2025). Implementasi teori kognitivistik dalam pembelajaran berbasis teknologi digital. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi*, 9(1), 55–63.
- Daniyati, N., Sari, M., & Lestari, P. (2023). Pengembangan media pembelajaran interaktif untuk meningkatkan hasil belajar siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 5(3), 201–210.
- Dewi, R., Kurniawan, A., & Putra, D. (2021). Teori behavioristik dalam proses pembelajaran siswa sekolah menengah. *Jurnal Pendidikan Humaniora*, 6(2), 88–96.
- Djarwo, D., Rahmawati, S., & Yuliana, N. (2025). Pembelajaran kimia berbasis kurikulum merdeka pada abad ke-21. *Jurnal Pendidikan IPA*, 11(1), 44–53.
- Gilster, P. (2021). *Digital Literacy*. Wiley Computer Publishing.
- Harahap, R., Nasution, F., & Lubis, A. (2024). Pengaruh penggunaan e-modul interaktif terhadap pemahaman konsep kimia siswa. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 12(2), 134–143.
- Huda, M., & Susdarwono, E. (2023). Discovery learning menurut perspektif Bruner dalam pembelajaran modern. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 8(1), 66–74.
- Iskandar, R., Prasetyo, A., & Nugroho, H. (2022). Implementasi kurikulum merdeka dalam pengembangan keterampilan abad 21. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 3(4), 290–299.
- Mahmud, A., & Cempaka, N. (2022). Pemanfaatan augmented reality dalam pembelajaran sains di sekolah menengah. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 24(3), 210–220.
- Masgumelar, A., & Mustafa, B. (2021). Teori konstruktivisme dan implementasinya dalam pembelajaran. *GHAITSA: Islamic Education Journal*, 2(1), 49–57.
- Mayer, R. E. (2022). *Multimedia Learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Mulyasa. (2023). *Implementasi Kurikulum Merdeka*. PT Bumi Aksara.
- Pristiwanti, D., Badariah, B., Hidayat, S., & Dewi, R. S. (2022). Pengertian pendidikan. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling*, 4(6), 7911–7915.
- Rahmah, S., & Aly, H. (2023). Literasi digital dalam pembelajaran kimia abad 21. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 15(2), 99–108.
- Saumi, N., Fitriani, E., & Yanti, D. (2022). Pengembangan e-modul berbasis digital pada pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan Sains*, 10(3), 177–185.
- Simanjuntak, M., & Purba, D. (2025). Pengaruh augmented reality terhadap literasi digital siswa. *Jurnal Teknologi Pendidikan Indonesia*, 14(1), 35–43.
- Supit, A., Tumbel, F., & Paat, J. (2023). Analisis gaya belajar siswa pada pembelajaran digital. *Jurnal Pendidikan Modern*, 5(2), 87–95.
- UNESCO. (2022). *Digital Literacy Framework*. UNESCO Publishing.
- Yusup, M., Kurniawati, I., & Rahman, A. (2023). Pengaruh augmented reality terhadap pemahaman konsep sains siswa. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 11(4), 455–464.