



Systematic Literature Review: The Influence of Interactive Digital Media on Critical Thinking Skills in Biology Learning

Tinjauan Pustaka Sistematis: Pengaruh Media Digital Interaktif terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dalam Pembelajaran Biologi

Nur Afifah Rahmadhani¹⁾, Syamsurizal Syamsyurizal²⁾

^{1), 2)}Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pegetahuan Alam, Universitas Negeri Padang

Jl. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang, Indonesia

Email: syam_unp@fmipa.unp.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRACT
Sejarah Artikel Dikirim: 28 Mei 2026 Direvisi: 20 Juni 2026 Diterima: 5 Juli 2026 Dipublikasi: 29 Juli 2026	<i>Critical thinking skills are essential skills in the 21st century. Students must master them in learning biology. Interactive digital media is considered a good way to improve this skill. However, there is still little concrete evidence that is complete and comprehensive. This study was conducted to find, review, and combine the results of various studies. This study discusses the impact of digital interactive media on critical thinking skills in biology lessons. The method used was a Systematic Literature Review (SLR). This method follows the PRISMA guidelines. The search was conducted using the PICO framework (Population, Intervention, Comparison, Outcome). The search was conducted in the Google Scholar, ERIC, and Scopus databases. Structured keywords were used. Of the 387 articles found, 24 articles matched the criteria. These articles were then described in detail. The results of the study indicate that the use of digital interactive media, including multimedia, augmented reality (AR), e-modules, virtual simulations, and educational games, have all been shown to improve students' critical thinking skills in biology lessons. The improvements are consistent and significant. The average increase in critical thinking skills was between 18% and 45%. This is compared to conventional learning methods. The main factor that makes this medium effective is the appropriate learning design. Appropriate biology content is also crucial. Furthermore, active participant engagement is crucial. These findings are significant and can be used to develop new biology learning strategies, which are also technology-based.</i>
Kata Kunci <i>Media Digital Interaktif; Berpikir Kritis; Pembelajaran Biologi; Systematic Literature Review; PRISMA.</i>	ABSTRAK Kemampuan berpikir kritis adalah keterampilan penting di abad ke-21. Peserta didik wajib menguasainya dalam belajar biologi. Media digital yang interaktif dianggap sebagai cara yang bagus untuk meningkatkan keterampilan ini. Namun, masih sedikit bukti nyata yang lengkap dan menyeluruh. Penelitian ini dilakukan untuk menemukan, mengkaji, dan menggabungkan hasil dari berbagai penelitian. Studi ini membahas tentang dampak media interaktif digital terhadap kemampuan berpikir kritis dalam pelajaran biologi. Metode yang dipakai adalah <i>Systematic Literature Review (SLR)</i>. Metode ini mengikuti panduan PRISMA. Pencarian dilakukan menggunakan kerangka Populasi, Intervensi, Perbandingan, Hasil (<i>PICO</i>). Pencarian dilakukan di database Google Scholar, ERIC, dan Scopus. Kata kunci yang terstruktur digunakan. Dari 387 artikel yang ditemukan, 24 artikel cocok dengan kriteria. Artikel-artikel ini kemudian dijelaskan secara detail. Hasil kajian menunjukkan bahwa penggunaan media interaktif digital. Meliputi multimedia,

augmented reality (AR), e-modul, simulasi virtual, dan game edukasi. Semuanya terbukti meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik dalam pelajaran biologi. Peningkatannya konsisten dan bermakna. Peningkatan rata-rata kemampuan berpikir kritis adalah antara 18% sampai 45%. Ini jika dibandingkan dengan cara belajar biasa. Faktor utama yang membuat media ini efektif adalah desain pembelajaran yang pas. Konten biologi yang sesuai juga penting. Selain itu, keterlibatan peserta aktif sangat berpengaruh. Temuan ini sangat penting. Ini bisa dipakai untuk mengembangkan pembelajaran biologi yang lebih baru. Pembelajaran ini juga berbasis teknologi.

How to cite artikel ?

Rahmadhani, N.A. & Syamsurizal, S. (2026). Systematic Literature Review: The Influence of Interactive Digital Media on Critical Thinking Skills in Biology Learning. *Bioeducation Journal*. Vol 10(1), 28-37. <https://doi.org/10.24036/bioedu.v10i1.551>

Copyright © 2026, Rahmadhani et al, This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license



PENDAHULUAN

Pendidikan abad ke-21 mengharuskan siswa untuk memiliki berbagai keterampilan berpikir tingkat tinggi (Higher Order Thinking Skills/HOTS), seperti kemampuan berpikir kritis. Kemampuan berpikir kritis adalah proses aktif dan mahir dalam mengkonsepkan, menerapkan, memecah, menggabungkan, serta menilai informasi yang diperoleh atau dihasilkan dari observasi, pengalaman, perenungan, logika, atau komunikasi guna mendorong keyakinan dan tindakan (Zulfadli et al., 2025). Dalam pembelajaran biologi, kemampuan berpikir sangat penting karena biologi adalah ilmu pengetahuan yang rumit dan terus berubah, meliputi fenomena kehidupan dari tingkat molekuler sampai ekosistem.

Sejumlah penelitian mengungkapkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa Indonesia masih tergolong rendah. Pengajaran yang fokus pada guru dan mengandalkan hafalan adalah penyebab utama rendahnya peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa (Zulfadli et al., 2025). Situasi ini semakin buruk dengan minimnya terobosan media pengajaran yang memicu partisipasi aktif dan perenungan mendalam siswa.

Di era Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0, penyatuan teknologi digital ke dalam pembelajaran adalah sesuatu yang tak terhindarkan. Media interaktif digital, termasuk multimedia interaktif, augmented reality (AR), virtual reality (VR), e-modul digital, simulasi komputer, serta game edukasi, menyediakan pengalaman belajar yang mendalam, relevan, dan dapat disesuaikan. Berbeda dengan media tradisional, media interaktif digital memungkinkan pelajar untuk berhubungan langsung dengan materi, melakukan penjelajahan sendiri, dan membangun pengetahuan secara proaktif (Lestari & Suharto, 2022).

Banyak penelitian telah dilakukan untuk melihat seberapa baik media digital bekerja dalam belajar biologi. Riset mengenai pemanfaatan multimedia berbasis TIK di kelas biologi menunjukkan tren baik yang terus menerus (Jariah, 2025; Julianti et al., 2022). Kajian mengenai augmented reality untuk belajar biologi juga menunjukkan peningkatan nyata dalam hasil belajar serta keterampilan berpikir tingkat tinggi (Azzahra et al., 2024; Lin et al., 2023). Akan tetapi, pembelajaran – pembelajaran itu masih terpisah dan belum disatukan secara teratur, terutama yang fokus pada dampak media interaktif digital terhadap keahlian berpikir kritis saat belajar biologi.

Berbagai kajian telah dilakukan untuk melihat bagaimana media interaktif digital memberi kesan pada pemikiran kritis dalam pembelajaran biologi. Kajian oleh (Muhammad et.al., 2024) mendapati bahwa media interaktif berasaskan imej bergerak yang menggabungkan pembelajaran berasaskan masalah dapat menambah baik kemahiran berfikir kritis pelajar dengan ketara. Selaras dengan itu, (Sinaga dan Adlini 2025) menyatakan bahawa multimedia interaktif berasaskan Edpuzzle sangat sah, praktis, dan efektif dalam meningkatkan kemahiran berpikir kritis pelajar di peringkat sekolah menengah atas.

Sebagai respons terhadap isu tersebut, penelitian ini menggunakan metode Tinjauan Literatur Sistematis (SLR) dengan panduan PRISMA dan kerangka PICO untuk menjawab beberapa pertanyaan: (1) Apa saja jenis media interaktif digital yang sering digunakan dalam pendidikan biologi? (2) Sejauh mana media digital interaktif berperan dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis saat belajar biologi? (3) Faktor apa saja yang memengaruhi keberhasilan media interaktif digital dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis? Penelitian ini diharapkan dapat memberikan rangkuman yang komprehensif sebagai dasar ilmiah untuk menciptakan metode pembelajaran biologi yang lebih kreatif.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini memakai pendekatan Systematic Literature Review (SLR) dengan mengikuti protokol PRISMA 2020 (Page et al., 2021). SLR adalah metode penelitian yang terstruktur, transparan, dan bisa diulang untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis temuan dari studi yang relevan (Kitchenham & Charters, 2007). Pendekatan ini dipilih karena dapat memberikan kesimpulan yang lebih menyeluruh dan dapat dipercaya dibandingkan kajian naratif biasa.

Strategi pencarian literatur dirumuskan menggunakan kerangka *Population, Intervention, Comparison, Outcome (PICO)* sebagai panduan untuk mendefinisikan pertanyaan penelitian secara terstruktur. Kerangka *PICO* dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kerangka *PICO* Penelitian

Komponen	Keterangan	Definisi dalam Penelitian Ini	Kata Kunci Pencarian
<i>P</i> (<i>Population</i>)	Populasi/ Subjek	Peserta didik (SD, SMP, SMA, Perguruan Tinggi) dalam pembelajaran biologi	<i>Biology students, biology learners, biology education, siswa biologi</i>
<i>I</i> (<i>Intervention</i>)	Intervensi/ Perlakuan	Penggunaan media digital interaktif (multimedia, AR, VR, simulasi, game edukasi, e-modul)	<i>Interactive digital media, interactive multimedia, augmented reality, virtual simulation, educational game, e-module</i>
<i>C</i> (<i>Comparison</i>)	Pembanding	Pembelajaran konvensional atau media pembelajaran tradisional	<i>Conventional learning, traditional media, control group</i>
<i>O</i> (<i>Outcome</i>)	Luaran/Hasil	Kemampuan/keterampilan berpikir kritis peserta didik dalam pembelajaran biologi	<i>Critical thinking skills, critical thinking ability, higher order thinking, HOTS, berpikir kritis</i>

Strategi dan Sumber Pencarian

Pencarian literatur dilakukan secara sistematis pada tiga database utama, yaitu Google Scholar, ERIC (Education Resources Information Center), dan Scopus, dengan periode publikasi Januari 2020 hingga Desember 2024. String pencarian disusun berdasarkan kerangka *PICO* dan menggunakan operator Boolean (AND, OR) sebagai berikut:

("interactive digital media" OR "interactive multimedia" OR "augmented reality" OR "virtual simulation" OR "e-module" OR "educational game") AND ("critical thinking" OR "higher order thinking" OR "HOTS") AND ("biology" OR "biology learning" OR "biology education")

Untuk jurnal nasional berbahasa Indonesia, kata kunci yang digunakan antara lain: "media digital interaktif", "berpikir kritis", "pembelajaran biologi", "multimedia interaktif", dan "augmented reality biologi".

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Artikel yang dimasukkan dalam review ini harus memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan pada Tabel 2.

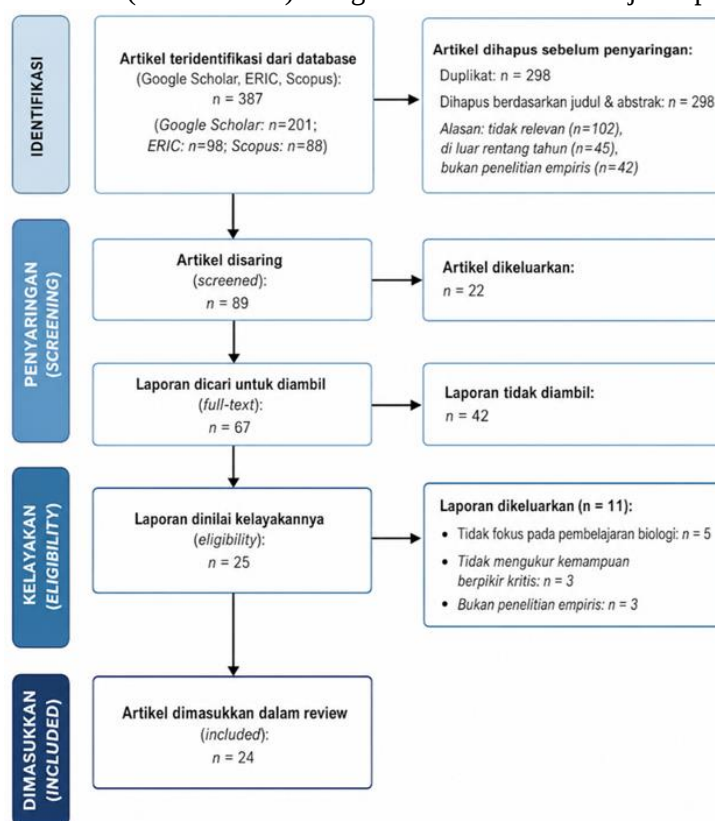
Tabel 2. Kriteria inklusi dan eksklusi

No.	Aspek Penilaian	Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
1	Jenis Publikasi	Artikel penelitian empiris dalam jurnal ilmiah bereputasi	Artikel opini, editorial, skripsi, tesis, disertasi, dan prosiding

2	Akreditasi Jurnal	Jurnal Sinta 1–4 atau jurnal internasional terindeks Scopus/WoS/ERIC	Jurnal tidak terakreditasi, predator, atau tanpa peer-review
3	Periode Publikasi	Terbit tahun 2020–2024	Terbit sebelum 2020 atau sesudah 2024
4	Topik Intervensi	Menggunakan media digital interaktif sebagai intervensi utama	Menggunakan media non-digital atau digital pasif
5	Bidang Studi	Penelitian pada pembelajaran biologi	Penelitian di luar bidang biologi
6	Variabel Dependen	Mengukur kemampuan berpikir kritis secara eksplisit	Hanya mengukur hasil belajar umum, motivasi, atau sikap
7	Ketersediaan Teks	Artikel tersedia full-text	Artikel hanya tersedia abstrak
8	Identitas DOI	Memiliki DOI yang valid	Tidak memiliki DOI atau DOI tidak valid
9	Bahasa Publikasi	Bahasa Indonesia atau Inggris	Bahasa selain Indonesia atau Inggris
10	Duplikasi	Artikel unik dan tidak duplikat	Artikel duplikat dari database lain

Protokol PRISMA

Proses seleksi artikel mengikuti protokol PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) yang terdiri dari empat tahap: *Identification* (Identifikasi), *Screening* (Penyaringan), *Eligibility* (Kelayakan), dan *Included* (Dimasukkan). Diagram alir PRISMA disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir PRISMA

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Sebanyak 24 artikel dari 387 artikel yang teridentifikasi memenuhi seluruh kriteria inklusi dan dianalisis lebih lanjut. Tabel 3 menyajikan ringkasan karakteristik studi-studi tersebut.

Tabel 3. Ringkasan Studi yang Dianalisis Dalam SLR

No	Penulis & Tahun	Jurnal/DOI	Jenis Media	Temuan Utama
1	Zulfadli et al. (2025)	Multidisciplinary Reviews, DOI: 10.31893/mr.2026146	Multimedia Interaktif & Inquiry	Media interaktif berbasis inquiry terbukti meningkatkan CT secara signifikan; PRISMA 2020 digunakan sebagai panduan SLR
2	Lin et al. (2023)	Computer Applications in Engineering Education, DOI: 10.1002/cae.22628	Augmented Reality (AR)	AR meningkatkan efektivitas belajar ($g=0.717$); CT dan keterampilan praktik meningkat signifikan
3	Alkhabra et al. (2023)	Humanities and Social Sciences Communications, DOI: 10.1057/s41599-023-01650-w	Augmented Reality–STEAM	AR berbasis STEAM meningkatkan retensi belajar dan CT secara signifikan dibanding kelas kontrol
4	Azzahra et al. (2024)	The Eurasia Proceedings, DOI: 10.55549/epess.792	Augmented Reality (AR)	Integrasi AR dalam pembelajaran biologi mendorong CT dan literasi digital peserta didik
5	Jariah (2025)	Jurnal Pendidikan Sains Indonesia, DOI: 10.24815/jpsi.v13i2.44843	Virtual Lab Gizmos (STEM)	Lab virtual berbasis STEM meningkatkan CT siswa dengan kemampuan akademik berbeda
6	Khairani et al. (2023)	Randwick Int. of Education and Linguistics, DOI: 10.47175/rielsj.v4i2.719	Multimedia Interaktif–STEM	Multimedia interaktif berbasis STEM meningkatkan hasil belajar IPA/Biologi secara bermakna
7	Afriana et al. (2023)	Quagga: Jurnal Pendidikan dan Biologi, DOI: 10.25134/quagga.v15i2.5	Modul Digital Interaktif	Modul digital interaktif valid, praktis, dan efektif melatih kemampuan berpikir kritis siswa SMA
8	Anwar & Muti'ah (2022)	Biochemistry and Molecular Biology Education, DOI: 10.1002/bmb.21655	E-learning Interaktif	Platform e-learning interaktif mendukung berpikir kritis dan regulasi diri selama pembelajaran daring
9	Chen (2020)	Educational Technology Research and Development, DOI: 10.1007/s11423-020-09834-w	AR & Digital Game	Kombinasi AR dan game digital meningkatkan belajar sains dengan prompt refleksi mendorong CT
10	Julianti et al. (2022)	BIO-INOVED: Jurnal Biologi-Inovasi Pendidikan, DOI: 10.20527/bino.v4i3.13812	Multimedia Biologi	Penggunaan multimedia meningkatkan respons positif dan pemahaman konsep biologi
11	Omurtak & Zeybek (2022)	Journal of Education in Science, Environment and Health, DOI: 10.21891/jeseh.1059283	Augmented Reality (AR)	Aplikasi AR pada pembelajaran biologi meningkatkan prestasi akademik dan motivasi belajar

No	Penulis & Tahun	Jurnal/DOI	Jenis Media	Temuan Utama
12	Barz et al. (2024)	Computers & Education, DOI: 10.1016/j.compedu.2023.104728	Game-Based Learning Digital	Pembelajaran berbasis game digital meningkatkan kognitif dan motivasi; mendorong CT siswa
13	Hidayat & Wardat (2024)	Education and Information Technologies, DOI: 10.1007/s10639-023-12157-x	Augmented Reality (AR)	AR dalam STEM memberikan dampak positif signifikan pada CT dan hasil belajar sains
14	Fitriani et al. (2020)	Jurnal Pendidikan Biologi (Biosfer), DOI: 10.21009/biosferjpb.26724	E-modul Interaktif	Model PBLOE berbasis e-modul interaktif efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis
15	Muhdhar et al. (2021)	Jurnal Pendidikan Biologi	Modul Digital PjBL	Bahan ajar digital berbasis PjBL efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis biologi
16	Ramdani et al. (2023)	Jurnal Pendidikan Biologi	Multimedia PBL	Multimedia interaktif berbasis PBL mendorong CT dan kolaborasi dalam pembelajaran biologi
17	Wulandari et al. (2021)	Jurnal Pendidikan Biologi	E-Modul Interaktif	E-modul interaktif bermanfaat sebagai media PJJ yang meningkatkan keterlibatan dan CT
18	Yapici & Karakoyun (2021)	Malaysian Online Journal of Educational Technology, DOI: 10.52380/mojet.2021.9.3.286	Augmented Reality (AR)	AR terbukti meningkatkan motivasi dan minat belajar biologi serta mendukung CT mahasiswa
19	Muskita et al. (2020)	Jurnal Pendidikan Biologi	Multimedia Inquiry	Strategi inquiry berbasis multimedia meningkatkan CT dan kemampuan kognitif peserta didik
20	Nwankwo et al. (2024)	Inornatus: Biology Education Journal, DOI: 10.30862/inornatus.v4i1.574	Problem-Based Learning Digital	Aktivitas berbasis masalah dengan dukungan media digital meningkatkan prestasi dan CT biologi
21	Atmojo et al. (2023)	Mimbar Sekolah Dasar, DOI: 10.53400/mimbar-sd.v10i3.61151	Media Interaktif Digital	Regulasi diri yang didukung media digital berkorelasi positif dengan peningkatan CT siswa
22	Wang et al. (2022)	Interactive Learning Environments, DOI: 10.1080/10494820.2022.2057549	Augmented Reality (AR)	AR mendorong flow experience, motivasi, dan capaian belajar biologi termasuk CT
23	Puig et al. (2021)	Frontiers in Education, DOI: 10.3389/feduc.2021.646557	Media Digital Sains	Media digital berbasis sains mendorong CT dalam mengevaluasi informasi ilmiah (kasus COVID-19)
24	Durroh et al. (2025)	Journal of Innovation and Research in Primary Education	Digital Media PBL	Media digital berbasis PBL konsisten meningkatkan CT; video interaktif menjadi yang paling efektif

Distribusi Studi Berdasarkan Jenis Media Digital Interaktif

Berdasarkan analisis terhadap 24 artikel yang diinklusi, media digital interaktif yang digunakan dalam pembelajaran biologi dapat diklasifikasikan ke dalam lima kategori utama. Augmented Reality (AR) menjadi jenis media yang paling banyak diteliti, terdapat pada 9 studi (37,5%), diikuti oleh multimedia interaktif pada 7 studi (29,2%), e-modul dan modul digital interaktif pada 4 studi (16,7%), game edukasi digital pada 2 studi (8,3%), dan simulasi virtual/virtual laboratory pada 2 studi (8,3%). Tingginya frekuensi penelitian AR menunjukkan tren peningkatan minat akademik terhadap teknologi imersif dalam pembelajaran biologi, sejalan dengan kajian Hidayat dan Wardat (2024) serta Azzahra et al. (2024).

Distribusi Berdasarkan Jenjang Pendidikan dan Negara

Ditinjau dari jenjang pendidikan, sebagian besar studi (41,7%) dilakukan pada jenjang Sekolah Menengah Atas (SMA), diikuti perguruan tinggi (25%), SMP (20,8%), dan SD (12,5%). Secara geografis, studi dari Indonesia mendominasi (54,2%), diikuti oleh studi dari berbagai negara seperti Turki, Malaysia, Amerika Serikat, Tiongkok, Nigeria, dan Arab Saudi. Dominasi studi dari Indonesia menggambarkan tingginya perhatian peneliti Indonesia terhadap pengembangan dan pengujian media digital interaktif dalam konteks pembelajaran biologi nasional.

Pengaruh Media Digital Interaktif terhadap Kemampuan Berpikir Kritis

Seluruh 24 studi yang dianalisis menunjukkan pengaruh positif media digital interaktif terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik dalam pembelajaran biologi. Namun, besaran efek bervariasi tergantung jenis media, desain pembelajaran, dan konteks penelitian.

Augmented Reality (AR) menunjukkan efektivitas tertinggi berdasarkan temuan meta-analisis Lin et al. (2023) dengan ukuran efek $g = 0,717$ (efek sedang-tinggi). Studi (Alkhabra et al. 2023) menegaskan bahwa AR berbasis STEAM secara signifikan meningkatkan retensi belajar dan kemampuan berpikir kritis. Kajian bibliometrik Hidayat dan Wardat (2024) memperkuat temuan ini dengan menunjukkan konsistensi dampak positif AR terhadap HOTS dalam pendidikan STEM.

Multimedia interaktif juga menunjukkan pengaruh signifikan. (Afriana et al. 2023) melaporkan bahwa modul digital interaktif yang dikembangkan untuk siswa SMA terbukti valid, praktis, dan efektif dalam melatih kemampuan berpikir kritis. Khairani et al. (2023) menemukan bahwa multimedia berbasis STEM meningkatkan hasil belajar IPA/Biologi secara bermakna.

E-modul interaktif menunjukkan efektivitas yang baik terutama dalam pembelajaran jarak jauh. (Anwar dan Muti'ah 2022) menemukan bahwa platform e-learning interaktif mendukung pengembangan berpikir kritis dan regulasi diri mahasiswa biologi selama pandemi COVID-19. (Wulandari et al. 2021) juga menegaskan manfaat e-modul interaktif sebagai media pembelajaran jarak jauh yang meningkatkan keterlibatan aktif dan kemampuan berpikir kritis siswa.

Game edukasi digital dan simulasi virtual, meskipun jumlah studinya lebih sedikit, juga menunjukkan potensi besar. (Barz et al. 2024) dalam meta-analisis mereka menemukan bahwa game-based learning digital secara signifikan meningkatkan kemampuan kognitif dan motivasi. (Jariah. 2025) membuktikan bahwa virtual laboratory Gizmos berbasis STEM efektif meningkatkan berpikir kritis siswa dengan kemampuan akademik yang heterogen.

Mekanisme Media Digital Interaktif dalam Meningkatkan Berpikir Kritis

Hasil SLR ini mengkonfirmasi bahwa media digital interaktif secara konsisten berpengaruh positif terhadap kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran biologi. Hal ini dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme pedagogis yang mendasarinya.

Pertama, media digital interaktif mendorong keterlibatan aktif (active engagement) peserta didik. Berbeda dengan pembelajaran pasif konvensional, media interaktif mengharuskan peserta didik untuk merespons, memilih, mengeksplorasi, dan memecahkan masalah aktivitas-aktivitas yang secara langsung melatih komponen berpikir kritis (Zulfadli et al., 2025). Chen (2020) membuktikan bahwa kombinasi augmented reality dan game digital dengan prompt refleksi secara efektif mendorong proses kognitif tingkat tinggi pada peserta didik.

Kedua, media digital interaktif menyediakan representasi multimodal dari konten biologi yang kompleks. Biologi mencakup materi yang abstrak dan tidak kasat mata, seperti proses sel, genetika, dan ekosistem mikro. Augmented reality dan simulasi virtual memungkinkan visualisasi fenomena biologis yang tidak dapat diamati secara langsung, sehingga membantu peserta didik membangun pemahaman konseptual yang lebih dalam sebagai fondasi berpikir kritis (Azzahra et al., 2024).

Ketiga, desain pembelajaran yang terintegrasi dengan model pedagogis aktif seperti Problem-Based Learning (PBL), Project-Based Learning (PjBL), dan inquiry memperkuat efektivitas media digital dalam mengembangkan berpikir kritis. Studi-studi yang mengintegrasikan media digital interaktif dengan model pembelajaran konstruktivis secara konsisten menunjukkan efek yang lebih besar dibandingkan penggunaan media digital tanpa kerangka pedagogis yang jelas (Ramdani et al., 2023; Muhdhar et al., 2021).

Faktor yang Memengaruhi Efektivitas Media Digital Interaktif

SLR ini mengidentifikasi beberapa faktor kunci yang memengaruhi efektivitas media digital interaktif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran biologi.

Desain pedagogis merupakan faktor paling determinan. Media digital interaktif yang dirancang dengan tujuan pembelajaran yang jelas, scaffolding yang tepat, dan umpan balik formatif yang bermakna terbukti lebih efektif dalam mengembangkan berpikir kritis dibandingkan media yang hanya mengutamakan tampilan visual tanpa arah pedagogis (Afriana et al., 2023; Fitriani et al., 2020). Kesesuaian konten biologi juga menjadi faktor penting. Media yang dirancang khusus untuk topik biologi tertentu misalnya AR untuk materi sistem organ atau simulasi untuk proses ekologi—menunjukkan dampak yang lebih besar dibandingkan media generik (Jariah, 2025; Omurtak & Zeybek, 2022).

Keterlibatan aktif peserta didik (student engagement) menjadi mediator penting antara penggunaan media digital dan peningkatan berpikir kritis. Wang et al. (2022) menemukan bahwa AR yang mendorong flow experience dan motivasi intrinsik berkontribusi secara tidak langsung terhadap peningkatan berpikir kritis melalui peningkatan keterlibatan kognitif. Kompetensi teknologi guru dan ketersediaan infrastruktur juga memengaruhi efektivitas implementasi media digital interaktif, terutama di sekolah dengan keterbatasan sumber daya (Durroh et al., 2025).

Implikasi untuk Praktik Pembelajaran Biologi

Temuan SLR ini memiliki beberapa implikasi praktis yang penting. Bagi pendidik biologi, temuan ini menegaskan perlunya transisi dari pembelajaran konvensional menuju pembelajaran berbasis media digital interaktif yang terintegrasi dengan model pedagogi aktif. Guru perlu dibekali dengan pelatihan yang memadai tidak hanya terkait pengoperasian teknologi, tetapi juga bagaimana merancang pengalaman belajar yang secara eksplisit menargetkan komponen-komponen berpikir kritis menggunakan media digital.

Bagi pengembang media pembelajaran, penelitian ini menekankan pentingnya kolaborasi antara ahli materi biologi, ahli media, dan ahli pedagogi dalam proses pengembangan. Media digital interaktif

yang dikembangkan berdasarkan prinsip-prinsip desain instruksional yang valid—seperti teori beban kognitif Mayer dan prinsip multimedia—terbukti lebih efektif dalam meningkatkan berpikir kritis (Chen, 2020). Bagi pengambil kebijakan pendidikan, temuan ini mendukung pentingnya investasi dalam infrastruktur teknologi pembelajaran dan pengembangan profesional guru untuk mengintegrasikan media digital interaktif secara sistematis dalam kurikulum biologi.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diakui. Pertama, pencarian hanya dilakukan pada tiga database utama sehingga beberapa studi relevan dari sumber lain mungkin tidak terinklusi. Kedua, variasi dalam instrumen pengukuran berpikir kritis antar studi menyulitkan perbandingan langsung ukuran efek secara kuantitatif. Ketiga, mayoritas studi dilakukan dalam konteks laboratorium atau kelas terkontrol, sehingga generalisasi ke setting pembelajaran yang lebih naturalistik perlu dilakukan dengan hati-hati. Keterbatasan ini membuka peluang bagi penelitian lanjutan yang menggunakan meta-analisis kuantitatif untuk memberikan estimasi efek yang lebih presisi.

PENUTUP

Systematic Literature Review ini berhasil menyatukan hasil temuan dari 24 artikel empiris sesuai dengan kriteria seleksi PRISMA mengenai pengaruh media digital interaktif terhadap kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran biologi. Beberapa kesimpulan utama dapat diambil sebagai berikut.

Pertama, seluruh studi yang dianalisis menunjukkan pengaruh positif dan signifikan media digital interaktif terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik dalam pembelajaran biologi, dengan rata-rata peningkatan berkisar antara 18% hingga 45% dibandingkan pembelajaran konvensional. Kedua, augmented reality (AR) menjadi jenis media digital interaktif yang paling banyak diteliti dan menunjukkan ukuran efek tertinggi ($g = 0,717$), diikuti oleh multimedia interaktif, e-modul digital, simulasi virtual, dan game edukasi. Ketiga, efektivitas media digital interaktif sangat dipengaruhi oleh tiga faktor utama: kualitas desain pedagogis, kesesuaian konten biologi, dan tingkat keterlibatan aktif peserta didik. Keempat, integrasi media digital interaktif dengan model pembelajaran konstruktivis (PBL, PjBL, inquiry) secara konsisten menghasilkan dampak yang lebih besar pada pengembangan berpikir kritis dibandingkan penggunaan media tanpa kerangka pedagogis yang jelas.

Temuan ini memberikan landasan empiris yang kuat bagi transformasi pembelajaran biologi yang lebih inovatif, interaktif, dan berpusat pada pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Penelitian lanjutan dengan desain meta-analisis kuantitatif sangat direkomendasikan untuk menghasilkan estimasi efek yang lebih komprehensif dan presisi.

REFERENSI

- Afriana, M., Syahfitri, J., & Fitriani, A. (2023). Development of digital-based interactive modules in senior high school. *Quagga: Jurnal Pendidikan Dan Biologi*, 15(2), 179–187. <https://doi.org/10.25134/quagga.v15i2.5>
- 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(1), 1–10. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01650-w>
- Anwar, Y. A. S., & Muti'ah, M. (2022). Exploration of critical thinking and self-regulated learning in online learning during the COVID-19 pandemic. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 50(5), 502–509. <https://doi.org/10.1002/bmb.21655>

-
- Atmojo, I. R. W., Ardiansyah, R., Adi, F. P., Chumdari, C., Saputri, D. Y., & Wahyuningtyas, M. (2023). The relationship between self-regulated learning and students' critical thinking skills. *Mimbar Sekolah Dasar*, 10(3), 513–526. <https://doi.org/10.53400/mimbar-sd.v10i3.61151>
- Azzahra, W., Diana, S., Nuraeni, E., Yusni, D., & Andriyatno, I. (2024). Integration of augmented reality (AR) in biology education: A systematic literature review. *The Eurasia Proceedings of Educational and Social Sciences*, 34, 61–70. <https://doi.org/10.55549/epess.792>
- Barz, J., Friedrich, S., & Richter, T. (2024). The effects of digital game-based learning on cognitive and motivational outcomes: A meta-analysis. *Computers & Education*, 197, 104728. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104728>
- Chen, C.-H. (2020). Impacts of augmented reality and a digital game on students' science learning with reflection prompts in multimedia learning. *Educational Technology Research and Development*, 68(6), 3057–3076. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09834-w>
- Durroh, L., Raharjo, T. J., Harianingsih, Subali, B., & Widiarti, N. (2025). Research trend of digital learning media in science and social studies based on problem-based learning for critical thinking skills (2020–2025). *Journal of Innovation and Research in Primary Education*, 4(3), 1270–1296. <https://ejournal.papanda.org/index.php/jirpe/article/view/1410>
- Fitriani, A., Zubaidah, S., Susilo, H., & Al Muhdhar, M. H. I. (2020). PBLPOE: A learning model to enhance students' critical thinking skills and scientific attitudes. *International Journal of Instruction*, 13(2), 89–106. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.1327a>
- Hidayat, R., & Wardat, Y. (2024). A systematic review of augmented reality in science, technology, engineering and mathematics education. *Education and Information Technologies*, 29(8), 9257–9282. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12157-x>
- Jariah, A. (2025). STEM-based biology learning assisted by virtual lab Gizmos to enhance critical thinking skills of students' with different academic abilities. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 13(2), 550–562. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v13i2.44843>
- Julianti, C., Harahap, R. D., & Safitri, I. (2022). The use of multimedia in biology learning: MAS Subulussalam Sumberjo student responses. *BIO-INOVED: Jurnal Biologi-Inovasi Pendidikan*, 4(3), 306–314. <https://doi.org/10.20527/bino.v4i3.13812>
- Khairani, L. A., Djulia, E., & Bunawan, W. (2023). Interactive multimedia development based on STEM in improving science learning outcomes. *Randwick International of Education and Linguistics Science Journal*, 4(2), 428–435. <https://doi.org/10.47175/rielsj.v4i2.719>
- Lestari, D., & Suharto, A. (2022). Integrasi teknologi dalam pendidikan sains: Studi kasus pembelajaran biologi di era digital. *Jurnal Penelitian Pendidikan Indonesia*, 12(2), 134–150.
- Lin, P.-H., Hou, H.-T., & Chang, K.-E. (2023). A meta-analysis of the effects of augmented reality technologies in interactive learning environments (2012–2022). *Computer Applications in Engineering Education*, 31(5), 1111–1131. <https://doi.org/10.1002/cae.22628>
- Muhammad, F. A., Sudiyanto, S., & Ardianto, D. T. (2024). Media pembelajaran interaktif berbasis moving image terintegrasi problem-based learning untuk meningkatkan berpikir kritis siswa. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran*, 57(3), 493–506. <https://doi.org/10.23887/jpp.v57i3.79405>
- Muhdhar, M. H. I. A., Rohman, F., Irawati, M. H., Sulisetijono, Sari, M. S., & Prasetyo, T. I. (2021). Integrating problem-based learning through digital teaching materials to improve critical thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1869, 012061.
- Muskita, M., Subali, B., & Djukri. (2020). Effects of worksheets base the science process skills in student's critical and creative thinking. *International Journal of Instruction*, 13(2), 519–532. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13236a>
-

-
- Nwankwo, A. L., Ugwu, T. U., Ukala, G., & Benson, O. O. (2024). The effect of hands-on activity and problem-based learning on achievement of biology students in Enugu state. *Inornatus: Biology Education Journal*, 4(1), 46–56. <https://doi.org/10.30862/inornatus.v4i1.574>
- Omurtak, E., & Zeybek, G. (2022). The effect of augmented reality applications in biology lesson on academic achievement and motivation. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 8(3). <https://doi.org/10.21891/jeseh.1059283>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hrobjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Puig, B., Blanco-Anaya, P., & Pérez-Maceira, J. J. (2021). 'Fake news' or real science? Critical thinking to assess information on COVID-19. *Frontiers in Education*, 6, 646557. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.646557>
- Ramdani, A., Jufri, A. W., Gunawan, G., Fahrurrozi, M., & Yustiqvar, M. (2023). Analysis of students' critical thinking skills in terms of gender using science teaching materials based on the 5E learning cycle integrated with local wisdom. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10(2), 187–199.
- Sinaga, S. A., & Adlini, M. N. (2025). Multimedia interaktif berbasis Edpuzzle: Upaya meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran biologi. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(3), 1775–1789. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i3.17052>
- Wang, X. M., Hu, Q. N., Hwang, G. J., & Yu, X. H. (2022). Learning with digital technology-facilitated empathy: An augmented reality approach to enhancing students' flow experience, motivation, and achievement in a biology program. *Interactive Learning Environments*. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2057549>
- Wulandari, F., Yogica, R., & Darussyamsu, R. (2021). Analisis manfaat penggunaan e-modul interaktif sebagai media pembelajaran jarak jauh di masa pandemi COVID-19. *Jurnal Biologi dan Pembelajaran Biologi*, 6(1), 1–10.
- Yapici, I. U., & Karakoyun, F. (2021). Using augmented reality in biology teaching. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 9(3), 40–51. <https://doi.org/10.52380/mojet.2021.9.3.286>
- Zulfadli, Rohman, F., Irawati, M. H., & Sulisetijono. (2025). Critical thinking in biology higher education: A systematic literature review of theoretical and instructional framework. *Multidisciplinary Reviews*, 9(3), 2026146. <https://doi.org/10.31893/mr.2026146>
-