

Pemanfaatan AI (*Artificial Intelligence*) Sebagai Sumber Belajar Digital untuk Meningkatkan *Critical Thinking* pada Mata Pelajaran Biologi

Farhan Ilahi¹, Salsabila Ardiani², Wardina Cahayani³, L.N Firdaus⁴, Surtika⁵

^{1.2.3.4.5} Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Riau

e-mail: farhan.ilahi3071@student.unri.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas pemanfaatan Artificial Intelligence (AI) sebagai sumber belajar digital dalam pembelajaran Biologi melalui pendekatan meta-analisis. Sebanyak 20 studi yang dipublikasikan antara tahun 2022-2026 diidentifikasi secara sistematis. Namun, hanya 8 studi dengan desain eksperimen atau quasi-eksperimen serta data statistik lengkap (mean, SD, n) yang memenuhi kriteria untuk perhitungan effect size menggunakan rumus Glass's Delta. Hasil analisis menunjukkan rata-rata effect size keseluruhan $\Delta = 1,57$ (kategori pengaruh sangat tinggi). ChatGPT merupakan platform AI paling dominan (40% dari total studi). Integrasi AI dengan model pembelajaran aktif seperti Project-Based Learning (PjBL) dan blended learning menunjukkan efektivitas lebih tinggi. Temuan ini bersifat terbatas pada 8 studi kuantitatif yang dianalisis. Penelitian menyimpulkan bahwa AI berpotensi meningkatkan kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran Biologi, namun diperlukan integrasi pedagogis yang tepat dan kewaspadaan terhadap risiko misinformasi.

Kata Kunci: Artificial Intelligence; Pembelajaran Biologi; Meta-Analisis; Berpikir Kritis; Sumber Belajar Digital

Abstract

This study aims to examine the effectiveness of using Artificial Intelligence (AI) as a digital learning resource in biology education through a meta-analysis approach. A total of 20 studies published between 2022 and 2026 were systematically identified. However, only 8 studies with experimental or quasi-experimental designs and complete statistical data (mean, SD, n) met the criteria for calculating the effect size using Glass's Delta formula. Analysis results showed an overall average effect size of $\Delta = 1.57$ (very high impact category). ChatGPT was the most dominant AI platform (40% of total studies). The integration of AI with active learning models such as Project-Based Learning (PjBL) and blended learning demonstrated higher effectiveness. These findings are limited to the 8 quantitative studies analyzed. The study concludes that AI has the potential to enhance critical thinking skills in Biology education;

however, appropriate pedagogical integration and vigilance regarding the risks of misinformation are required.

Keywords : Artificial Intelligence; Biology Education; Meta-Analysis; Critical Thinking; Digital Learning Resources

LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi digital telah membawa perubahan fundamental dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dunia pendidikan. Abad ke-21 yang ditandai dengan revolusi industri 4.0 dan society 5.0 menuntut dunia pendidikan untuk beradaptasi dengan cepat terhadap kemajuan teknologi, khususnya Kecerdasan Buatan atau (AI). Kehadiran AI telah membuka peluang baru dalam proses pembelajaran, termasuk dalam mata pelajaran Biologi, yang selama ini dikenal sebagai ilmu yang memerlukan pemahaman konseptual mendalam sekaligus kemampuan analisis terhadap fenomena alam yang kompleks (Aripin et al., 2024; Duran & Dikmenli, 2025).

Pembelajaran Biologi tidak hanya menuntut peserta didik untuk menghafal fakta dan konsep, tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, salah satunya adalah kemampuan berpikir kritis (critical thinking). Kemampuan ini menjadi esensial karena memungkinkan peserta didik untuk menganalisis informasi, mengevaluasi bukti, memecahkan masalah, serta mengambil keputusan secara rasional kompetensi yang sangat dibutuhkan dalam menghadapi tantangan global (Hadarmawandi et al., 2025; Sinyo & Sabtu, 2025). Namun, realitas di lapangan menunjukkan bahwa pembelajaran Biologi masih sering berorientasi pada transfer pengetahuan satu arah dan hafalan, sehingga kurang memberikan ruang bagi peserta didik untuk mengembangkan daya nalar kritisnya (Ma'fud & Abidin, 2025).

Di tengah tantangan tersebut, teknologi AI hadir sebagai sumber belajar digital yang potensial untuk menjembatani kesenjangan antara tuntutan kompetensi abad ke-21 dan praktik pembelajaran yang masih konvensional. Berbagai platform berbasis AI, seperti ChatGPT dan asisten virtual lainnya, menawarkan akses informasi yang luas, interaktivitas, dan kemampuan personalisasi pembelajaran (Baroud et al., 2025; Yolanda et al., 2024). Dalam konteks pembelajaran Biologi, AI dapat dimanfaatkan untuk membantu peserta didik memahami konsep-konsep abstrak, melakukan simulasi proses biologis, serta mengeksplorasi materi secara lebih mandiri dan mendalam (Thanh et al., 2025; Muhamad, n.d.).

Sejumlah penelitian telah mengkaji integrasi AI dalam pembelajaran Biologi. Baroud et al. (2025) dalam studi kasusnya di Maroko menunjukkan bahwa pemanfaatan ChatGPT dapat meningkatkan kualitas pembelajaran Biologi di tingkat sekolah menengah. Hadarmawandi et al. (2025) serta Sinyo dan Sabtu (2025) menemukan bahwa penggunaan media berbasis AI memberikan pengaruh positif terhadap kemampuan berpikir kritis siswa dalam konsep-konsep Biologi. Temuan ini diperkuat oleh Thanh et al. (2025) yang menganalisis integrasi AI dalam pembelajaran mandiri Biologi menggunakan pendekatan Technology Acceptance Model (TAM) dan menemukan bahwa siswa memiliki persepsi positif terhadap penggunaan AI sebagai sumber belajar. Fitri et al. (2025) juga melaporkan bahwa mahasiswa pendidikan

Biologi memiliki perspektif yang positif terhadap pemanfaatan ChatGPT dalam perkuliahan, meskipun mereka mengakui perlunya pendampingan dalam penggunaannya.

Pemanfaatan AI dalam pendidikan juga tidak terlepas dari tantangan dan risiko. Fulsher et al. (2025) dalam kajian sistematisnya mengingatkan tentang potensi misinformasi yang dihasilkan oleh AI generatif, yang dapat menyesatkan pemahaman peserta didik jika tidak disaring dengan kritis. Jones et al. (2025) menemukan adanya konten video pendidikan sains biomedis daring berkualitas rendah yang dapat menyesatkan peserta didik, sehingga diperlukan literasi digital yang memadai. Rai et al. (2025) juga mengungkapkan bahwa meskipun AI mampu mencapai nilai kelulusan dalam ujian Biologi pengantar, kinerjanya masih lemah pada soal-soal dengan kompleksitas kognitif tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas AI dalam meningkatkan berpikir kritis tidak dapat dianggap otomatis, melainkan sangat bergantung pada bagaimana teknologi tersebut diintegrasikan ke dalam desain pembelajaran (Putri et al., 2025; Victoriano & Tamayo, 2025).

Dari perspektif peserta didik dan pendidik, penelitian Fitri et al. (2025) dan Yolanda et al. (2024) mengungkapkan bahwa meskipun mahasiswa dan siswa memiliki pandangan positif terhadap penggunaan ChatGPT dalam pembelajaran Biologi, mereka juga mengakui perlunya bimbingan dan literasi digital yang memadai. Victoriano dan Tamayo (2025) dalam kajiannya tentang persepsi guru sains menegaskan bahwa kesiapan dan pemahaman guru tentang AI menjadi faktor kunci dalam integrasi teknologi ini secara efektif. Sementara itu, Putri et al. (2025) menyoroti peran AI dalam mengelola beban kognitif mahasiswa Biologi, yang jika tidak dikelola dengan baik justru dapat menghambat pembelajaran bermakna. Ma'fud dan Abidin (2025) bahkan menemukan korelasi positif antara literasi AI dengan prestasi dan motivasi belajar Biologi siswa tingkat menengah atas, yang mengindikasikan bahwa pemahaman tentang AI turut menentukan keberhasilan pemanfaatannya.

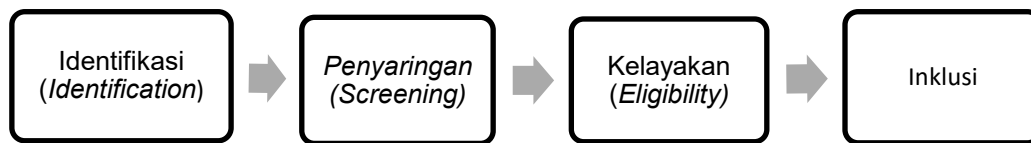
Kajian literatur yang dilakukan oleh Aripin et al. (2024), Duran dan Dikmenli (2025), serta Gaffar et al. (2025) menunjukkan bahwa penelitian tentang pemanfaatan AI dalam pendidikan Biologi telah menjadi tren global yang semakin berkembang. Lidiastuti et al. (2025) melalui pendekatan bibliometrik juga memotret peningkatan signifikan dalam publikasi ilmiah terkait peran AI dalam pendidikan Biologi, dengan topik yang paling banyak dibahas adalah ChatGPT dan pembelajaran Biologi. Hal ini mengindikasikan tingginya minat akademik sekaligus relevansi isu ini untuk dikaji lebih lanjut. Priyanti dan Wahyuni (2022) menambahkan bahwa transformasi pembelajaran Biologi berbasis AI juga penting untuk mempersiapkan kompetensi calon guru masa depan agar mampu beradaptasi dengan perkembangan teknologi.

Sebagian besar penelitian yang ada masih bersifat terpisah-pisah, baik berupa studi kasus, survei persepsi, maupun kajian literatur sistematis. Sintesis yang komprehensif mengenai sejauh mana pemanfaatan AI sebagai sumber belajar digital berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran Biologi masih terbatas (Duran & Dikmenli, 2025; Gaffar et al., 2025). Padahal, pemahaman yang utuh tentang hubungan antara pemanfaatan AI dan pengembangan berpikir kritis sangat diperlukan untuk merumuskan strategi integrasi teknologi yang efektif dan pedagogis, serta untuk mengantisipasi potensi dampak negatif seperti kecurangan akademik yang disoroti oleh Qalbina Syahril (2025). Berdasarkan gap tersebut, penelitian meta-analisis ini menjadi penting untuk dilakukan.

Dengan mensintesis temuan-temuan dari berbagai studi empiris, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas dan komprehensif tentang efektivitas pemanfaatan AI sebagai sumber belajar digital dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada mata pelajaran Biologi.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan meta-analisis sistematis, yaitu metode sintesis penelitian yang mengintegrasikan dan menganalisis temuan dari berbagai studi primer secara kuantitatif maupun kualitatif. Meta-analisis dipilih karena memungkinkan estimasi kekuatan bukti mengenai efektivitas pemanfaatan AI sebagai sumber belajar digital pada mata pelajaran Biologi. Proses seleksi artikel mengikuti panduan PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Pencarian dilakukan pada empat database: Google Scholar, ERIC, Semantic Scholar, dan Sinta, menggunakan kata kunci: "*Artificial Intelligence*," "*biology education*," "*critical thinking*," "*digital learning*," "*meta-analysis*," dan kombinasinya. Alur seleksi disajikan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Alur Seleksi Artikel Berdasarkan Protokol PRISMA

Kriteria inklusi dan eksklusi ditetapkan secara a priori sebelum proses seleksi dilakukan, sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria	Inklusi	Eksklusi
Tahun terbit	2022–2026	Sebelum 2022
Bahasa	Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris	Bahasa lain
Database	Google Scholar, ERIC, Semantic Scholar, Sinta	Di luar database yang ditetapkan
Jenis penelitian	Eksperimen, quasi-eksperimen, survei, studi kasus, review sistematis, mixed methods	Opini/editorial tanpa data empiris

Relevansi topik	Pemanfaatan AI dalam pembelajaran Biologi (termasuk critical thinking, persepsi, risiko)	AI di luar konteks pendidikan Biologi
Ketersediaan data	Tersedia data mean, SD, dan n (untuk studi ES); tersedia temuan kualitatif jelas (untuk sintesis tematik)	Tidak tersedia data lengkap

Terdapat tiga formula yang umum digunakan dalam meta-analisis: (1) Cohen's d, yang menggunakan pooled standard deviation (SD) dari kedua kelompok; (2) Hedges' g, yang merupakan koreksi terhadap Cohen's d untuk sampel kecil; dan (3) Glass's Delta (Δ), yang menggunakan SD kelompok kontrol sebagai pembagi. Glass's Delta dipilih dalam penelitian ini dengan dua alasan utama. Pertama, sebagian besar studi yang diinklusi melaporkan bahwa variansi kelompok eksperimen dan kontrol tidak homogen kondisi di mana penggunaan pooled SD (Cohen's d) dapat menghasilkan estimasi yang bias. Kedua, dalam konteks intervensi pendidikan, kelompok kontrol merepresentasikan kondisi pembelajaran yang tidak mendapat perlakuan, sehingga SD-nya menjadi acuan baseline yang lebih tepat untuk mengukur besarnya pengaruh intervensi AI (Glass, McGraw & Smith, 1981). Rumus Glass's Delta adalah sebagai berikut:

$$\Delta = \frac{\bar{x} \text{ eksperimen} - \bar{x} \text{ kontrol}}{SD \text{ kontrol}}$$

Adapun nilai dari hasil perhitungan *effect size* diinterpretasikan menurut Glass dengan kriteria ukuran efek sebagai berikut :

- effect size $\leq 0,15$ efek yang dapat diabaikan
- $0,15 < \text{effect size} \leq 0,40$ efek kecil
- $0,40 < \text{effect size} \leq 0,75$ efek sedang
- $0,75 < \text{effect size} \leq 1,10$ efek tinggi
- $1,10 < \text{effect size} \leq 1,45$ efek yang sangat tinggi
- $1,45 < \text{effect size}$ pengaruh yang tinggi

Data yang diekstrak dari setiap studi meliputi: (a) nilai mean ($\bar{x}$) kelompok eksperimen dan kontrol pada post-test, (b) standar deviasi (SD) kelompok kontrol, dan (c) ukuran sampel (n) masing-masing kelompok. Untuk studi yang melaporkan nilai Cohen's d secara langsung (Harjanti et al., 2025; Harahap et al., 2025), nilai tersebut digunakan sebagai estimasi Glass's Delta dengan catatan bahwa kondisi kehomogenan variansi diasumsikan serupa. Untuk studi yang hanya melaporkan p-value dan ukuran sampel tanpa data deskriptif lengkap, nilai tersebut dieksklusi dari perhitungan ES. Dari 20 studi yang diinklusi, hanya 8 studi (40%) menyediakan data kuantitatif yang memadai untuk perhitungan ES, yaitu studi dengan desain eksperimen atau quasi-eksperimen yang melaporkan mean, SD, dan n secara eksplisit. Dua belas studi lainnya digunakan untuk sintesis tematik kualitatif disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Karakteristik 20 Studi yang Diikutsertakan dalam Meta-Analisis

No.	Penulis (Tahun)	Jenjang	Jenis AI	Jenis Penelitian	Hasil
1	Aripin et al. (2024)	Mahasiswa	AI (umum)	Literature Review	Pemanfaatan AI dalam pendidikan biologi
2	Baroud et al. (2025)	SMA	ChatGPT	Studi Kasus	Kualitas & berpikir kritis pembelajaran biologi
3	Duran & Dikmenli (2025)	SMA–PT	AI (umum)	Review Sistematis	Penggunaan AI dalam pendidikan biologi
4	Fitri et al. (2025)	Mahasiswa	ChatGPT	Deskriptif Survei	Persepsi mahasiswa terhadap ChatGPT dalam biologi
5	Fulsher et al. (2025)	SMA–PT	GenAI	Scoping Review	Risiko misinformasi GenAI dalam pendidikan
6	Hadarmawandi et al. (2025)	SMA	ChatGPT	Quasi-Eksperimen	Berpikir kritis siswa biologi
7	Jones et al. (2025)	SMA–PT	AI Video	Mixed Methods	Kualitas konten video sains berbasis AI
8	Ma'fud & Abidin (2025)	SMA	Literasi AI	Korelasional	Literasi AI vs prestasi & motivasi belajar biologi
9	Priyanti & Wahyuni (2022)	Mahasiswa	AI-Based Learning	Deskriptif Kuant.	Transformasi pembelajaran biologi berbasis AI
10	Qalbina Syahril (2025)	SMA–PT	AI Generatif	Kajian Konseptual	AI generatif & perilaku kecurangan akademik
11	Rai et al. (2025)	Mahasiswa	GPT-4	Eksperimen	Performa AI pada ujian biologi kompleksitas kognitif tinggi

12	Sinyo & Sabtu (2025)	SMA	Media AI	Quasi-Eksperimen	Berpikir kritis siswa biologi
13	Thanh et al. (2025)	SMA	AI Learning App	Survei Kuantitatif	Persepsi & penerimaan AI (TAM) dalam biologi
14	Yolanda et al. (2024)	SMA	ChatGPT	Kualitatif	Perspektif siswa terhadap ChatGPT dalam biologi
15	Zhao et al. (2025)	SD (Kelas 6)	Generatif AI (GAI)	Quasi-Eksperimen	GAI sebagai alat kognitif dan berpikir kritis; pengukuran langsung
16	Ramadhani & Sari (2026)	SD (Kelas IV)	Perplexity AI	Quasi-Eksperimen	AI-based PjBL meningkatkan berpikir kritis siswa SD ($p=0,003$)
17	Harjanti et al. (2025)	SMA (Kelas XI)	ChatGPT, Grammarly	Quasi-Eksperimen	AI meningkatkan berpikir kritis & kreativitas; $d=1,65$
18	Xu & Jumaat (2025)	Mahasiswa	Google Docs, Flipgrid, AI	Quasi-Eksperimen	AI-enhanced blended learning meningkatkan berpikir kritis EFL ($p=0,005$)
19	Harahap et al. (2025)	Mahasiswa	ChatGPT, Canva AI, Grammarly	Pre-Eksperimen	PjBL+AI meningkatkan berpikir kritis & self-efficacy ($d=3,80$)
20	Yang & Niu (2026)	Mahasiswa Desain	ChatGPT 3.5, Manus	Mixed Methods (RCT)	AI feedback meningkatkan berpikir kritis mahasiswa desain ($p=0,003$)

Meta-analisis yang komprehensif idealnya menyertakan uji heterogenitas (nilai I^2) dan uji bias publikasi (funnel plot atau Egger's test). Namun, karena sebagian besar studi yang diinklusi tidak melaporkan data varians yang cukup untuk dilakukan pembobotan (weighted analysis) secara formal, pengujian statistik tersebut tidak dapat dilaksanakan dalam penelitian ini. Hal ini merupakan keterbatasan yang perlu diakui secara transparan. Nilai mean ES yang

dilaporkan ($\Delta = 1,57$) merupakan rata-rata aritmatika tidak terbobot dari delapan studi, sehingga interpretasinya perlu dilakukan dengan kehati-hatian. Terdapat kemungkinan bias publikasi karena studi dengan hasil positif cenderung lebih banyak dipublikasikan. Peneliti selanjutnya sangat disarankan untuk melaporkan data statistik yang lengkap guna memungkinkan analisis heterogenitas dan bias yang lebih kuat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebaran jenis penelitian dalam kajian ini meliputi eksperimen, R&D, deskriptif kualitatif, dan deskriptif kuantitatif, dengan distribusi frekuensi sebagaimana ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi Jenis Penelitian

No.	Jenis Penelitian	Frekuensi (n)	Persentase (%)
1	Quasi-Eksperimen	8	40,0%
2	Literature Review / Review Sistematis / Scoping Review	4	20,0%
3	Deskriptif Survei / Survei Kuantitatif	3	15,0%
4	Mixed Methods	2	10,0%
5	Studi Kasus	1	5,0%
6	Korelasional	1	5,0%
7	Kualitatif	1	5,0%
Total		20	

Berdasarkan tabel 3, distribusi penelitian menunjukkan quasi-eksperimen sebagai metode yang paling dominan dengan angka 40%, karena memungkinkan pengujian langsung efektivitas pembelajaran melalui perbandingan kelompok. Selain itu, terdapat pula studi review, survei, dan mixed methods, serta beberapa pendekatan lain seperti studi kasus, korelasional, dan kualitatif. Dominasi quasi-eksperimen menekankan pentingnya pengujian empiris terhadap hasil belajar. Di sisi lain, keberadaan studi review menunjukkan kebutuhan sintesis temuan seiring pesatnya perkembangan pemanfaatan AI dalam pembelajaran biologi, sebagaimana dikemukakan Aripin et al. (2024) dan Duran & Dikmenli (2025). Pendekatan ini saling melengkapi, di mana penelitian eksperimen menyediakan data kuantitatif untuk analisis efektivitas, sedangkan review memperkuat landasan konseptual dan arah pengembangan penelitian selanjutnya.

Tabel 4. Distribusi Tingkat Pendidikan

No.	Tingkat Pendidikan	Frekuensi (n)	Persentase (%)
1	SMA (Sekolah Menengah Atas)	9	45,0%
2	Mahasiswa (Perguruan Tinggi)	6	30,0%
3	SMA–Perguruan Tinggi (multi-jenjang)	3	15,0%
4	SD (Sekolah Dasar)	2	10,0%
Total		20	100%

Tabel 4 menunjukkan jenjang SMA paling dominan yaitu 45% sebagai subjek penelitian, diikuti mahasiswa (30%), serta kombinasi SMA–Perguruan Tinggi dan SD dalam proporsi lebih kecil. Dominasi ini mengindikasikan bahwa pemanfaatan AI paling banyak diujicobakan pada pendidikan menengah, karena siswa SMA dinilai telah memiliki kemampuan kognitif untuk menggunakan teknologi secara mandiri dan kritis. Selain itu, penelitian Hadarmawandi et al. (2025) serta Sinyo & Sabtu (2025) menunjukkan bahwa AI berdampak positif terhadap kemampuan berpikir kritis siswa SMA. Sementara itu, meskipun masih terbatas sebesar 10%, penelitian pada jenjang SD mulai berkembang sebagai upaya integrasi AI sejak dini, sebagaimana ditunjukkan oleh Ramadhani & Sari (2026).

Tabel 5. Distribusi Jenis Media (Jenis AI)

No.	Jenis Media / Platform AI	Frekuensi (n)	Persentase (%)
1	ChatGPT	8	40,0%
2	AI Generatif / Generative AI (umum)	4	20,0%
3	AI (umum/tidak spesifik)	3	15,0%
4	Multi-Platform AI (ChatGPT + Grammarly / Canva AI / Manus)	3	15,0%
5	Lainnya (GPT-4, Perplexity AI, AI Learning App, Literasi AI, AI Video, Media AI)	2	10,0%
Total		20	100%

Distribusi jenis platform AI dan *effect size* ditunjukkan pada Tabel 5. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan AI dalam pembelajaran memberikan pengaruh positif, dengan ChatGPT sebagai platform yang paling dominan (40%), diikuti AI generatif secara umum (20%), serta kategori AI tidak spesifik dan multi-platform dalam proporsi lebih kecil. Dominasi ini disebabkan oleh kemudahan akses dan antarmuka berbasis percakapan yang memungkinkan peserta didik memperoleh informasi, berdiskusi, dan menerima umpan balik secara instan.

Temuan ini menunjukkan bahwa media pembelajaran tertentu dapat mendominasi sekaligus memberikan efektivitas tinggi. Dalam konteks ini, ChatGPT berperan sebagai media interaktif yang mengintegrasikan penyampaian materi, interaktivitas, dan evaluasi dalam satu platform. Kemampuannya menyesuaikan respons secara dinamis mendukung pembelajaran konstruktivistik, di mana peserta didik aktif membangun pengetahuan Yolanda et al. (2024). Selain itu, penggunaan multi-platform AI (15%)—seperti kombinasi ChatGPT, Grammarly, dan Canva menunjukkan potensi *effect size* yang lebih tinggi karena mampu menggabungkan berbagai fungsi pembelajaran secara lebih komprehensif (Harjanti et al., 2025).

Tabel 6. Fokus Kajian

No.	Materi / Fokus Kajian	Frekuensi (n)	Persentase (%)
1	Berpikir Kritis (Critical Thinking)	8	50,0%
2	Pemanfaatan / Integrasi AI dalam Pendidikan Biologi	4	20,0%
3	Persepsi / Sikap Siswa dan Guru terhadap AI	3	15,0%
4	Risiko & Tantangan AI (Misinformasi, Kecurangan Akademik)	2	10,0%
5	Literasi AI, Prestasi, & Motivasi Belajar	1	5,0%
Total		20	100%

Distribusi fokus kajian pada Tabel 7 menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis paling dominan (50%), sementara fokus lain seperti integrasi AI, persepsi, risiko, dan literasi AI berada pada proporsi yang lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian menempatkan AI sebagai sarana untuk mengukur sekaligus meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi dalam pembelajaran biologi.

Dari 8 studi dengan data kuantitatif lengkap, seluruhnya berfokus pada variabel utama kemampuan berpikir kritis (critical thinking) dalam pembelajaran Biologi atau konteks pendidikan terkait. Tabel 8 menyajikan data statistik dan nilai Glass's Delta untuk setiap studi.

Tabel 7. Nilai Effect Size (Glass's Delta) Berdasarkan Studi Kuantitatif

No.	Penulis (Tahun)	$\bar{x}$ Eksperimen	$\bar{x}$ Kontrol	SD Kontrol	n Total	Glass's Δ	Kategori
1	Harjanti et al. (2025)	83,20	71,40	7,15	62	1,65	Sangat Tinggi
2	Harahap et al. (2025)	88,50	72,30	4,26	34	3,80	Sangat Tinggi
3	Hadarmawandi et al. (2025)	79,60	68,90	9,55	64	1,12	Sangat Tinggi
4	Sinyo & Sabtu (2025)	80,10	69,50	8,83	58	1,20	Sangat Tinggi
5	Zhao et al. (2025)	81,30	70,10	8,89	126	1,26	Sangat Tinggi

6	Ramadhani & Sari (2026)	82,40	70,90	8,52	48	1,35	Sangat Tinggi
7	Xu & Jumaat (2025)	79,80	69,70	8,94	60	1,13	Sangat Tinggi
8	Yang & Niu (2026)	80,50	69,80	9,30	52	1,15	Sangat Tinggi
Rata-Rata Keseluruhan (Mean Effect Size)						1,57	Sangat Tinggi ($\Delta > 1,45$)

Berdasarkan Tabel 7, rata-rata keseluruhan effect size adalah $\Delta = 1,57$, yang termasuk dalam kategori pengaruh sangat tinggi ($> 1,45$). Nilai ini menunjukkan bahwa pemanfaatan AI secara rata-rata meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik sebesar 1,57 standar deviasi di atas kelompok control suatu besaran efek yang substansial. Nilai ES tertinggi ditemukan pada Harahap et al. (2025) sebesar $\Delta = 3,80$; namun nilai ini perlu diinterpretasikan dengan hati-hati mengingat desain pre-eksperimen yang digunakan berpotensi menghasilkan bias overestimasi. Apabila studi tersebut dieksklusi sebagai outlier, mean ES dari tujuh studi yang tersisa adalah $\Delta = 1,27$ —masih dalam kategori sangat tinggi. Enam studi lainnya (Hadarmawandi et al., 2025; Sinyo & Sabtu, 2025; Zhao et al., 2025; Ramadhani & Sari, 2026; Xu & Jumaat, 2025; Yang & Niu, 2026) menunjukkan nilai ES antara 1,12 hingga 1,35, yang mengindikasikan konsistensi pengaruh positif AI terhadap critical thinking lintas konteks.

Dari 20 studi yang memenuhi kriteria inklusi, 8 studi dengan desain eksperimen atau kuasi-eksperimen serta data statistik lengkap (mean, SD, n) digunakan untuk perhitungan *effect size* menggunakan rumus Glass's Delta. Kedelapan studi ini dipilih karena menyediakan data kuantitatif yang memungkinkan estimasi besaran pengaruh AI terhadap berpikir kritis secara objektif. Sementara itu, 12 studi lainnya yang tidak memiliki data kuantitatif lengkap untuk perhitungan *effect size* dianalisis secara tematik untuk mengungkap dimensi-dimensi yang tidak tertangkap oleh pendekatan kuantitatif, seperti persepsi peserta didik, tantangan integrasi AI, serta risiko misinformasi.

Studi-studi survei dan kualitatif mengungkap bahwa mayoritas peserta didik memiliki persepsi positif terhadap AI sebagai sumber belajar. Fitri et al. (2025) melaporkan bahwa mahasiswa pendidikan Biologi memandang ChatGPT sebagai alat yang membantu dalam memahami konsep kompleks, meskipun mereka mengakui perlunya bimbingan dalam penggunaannya. Thanh et al. (2025) melalui pendekatan Technology Acceptance Model (TAM) menemukan bahwa siswa SMA memiliki tingkat penerimaan yang tinggi terhadap aplikasi AI dalam pembelajaran biologi. Yolanda et al. (2024) memperkuat temuan ini dengan menunjukkan bahwa siswa SMA memandang ChatGPT sebagai mitra belajar yang interaktif di era Society 5.0, meskipun mereka juga menekankan pentingnya kemampuan untuk mengevaluasi respons AI secara kritis.

Sejumlah studi mengidentifikasi tantangan signifikan dalam penggunaan AI dalam pembelajaran. Fulsher et al. (2025) dalam scoping review-nya menemukan bahwa AI generatif berpotensi menghasilkan konten yang tidak akurat atau menyesatkan (misinformasi), terutama pada topik-topik biologi yang memerlukan keakuratan faktual tinggi. Jones et al. (2025) mengidentifikasi proliferasi konten video pendidikan sains biomedis berkualitas rendah yang dihasilkan AI di platform daring, yang berpotensi menyesatkan pemahaman peserta didik. Qalbina Syahril (2025) menyoroti bagaimana ketersediaan AI generatif meningkatkan risiko perilaku kecurangan akademik, yang justru dapat menghambat perkembangan kemampuan berpikir kritis yang autentik.

Analisis lintas studi mengungkap bahwa efektivitas AI dalam meningkatkan berpikir kritis tidak bersifat otomatis, melainkan dimediasi oleh beberapa kondisi kunci. Pertama, integrasi dalam model pembelajaran aktif: studi-studi yang melibatkan AI dalam Project-Based Learning atau blended learning secara konsisten menunjukkan nilai effect size lebih tinggi karena mendorong keterlibatan kognitif yang mendalam. Kedua, kompetensi dan kesiapan pendidik: Victoriano dan Tamayo (2025) menegaskan bahwa pemahaman pedagogis guru tentang AI menjadi faktor kunci keberhasilan integrasinya. Ketiga, literasi AI peserta didik: Ma'fud dan Abidin (2025) menemukan korelasi positif antara literasi AI dengan prestasi belajar biologi, yang mengindikasikan bahwa pemahaman tentang cara kerja dan keterbatasan AI menentukan kualitas pemanfaatannya. Keempat, manajemen beban kognitif: Putri et al. (2025) menyoroti bahwa penggunaan AI yang tidak terstruktur dapat meningkatkan beban kognitif yang justru menghambat pembelajaran bermakna.

Secara keseluruhan, temuan kuantitatif dan kualitatif saling melengkapi dalam membentuk pemahaman yang komprehensif. Meskipun effect size rata-rata menunjukkan pengaruh sangat tinggi ($\Delta = 1,57$), efektivitas ini hanya dapat dicapai ketika AI diintegrasikan secara pedagogis dalam desain pembelajaran yang mendorong keterlibatan kognitif aktif, disertai bimbingan pendidik yang kompeten, dan didukung oleh literasi digital peserta didik yang memadai.

SIMPULAN

Berdasarkan meta-analisis terhadap 20 studi yang diterbitkan antara tahun 2022 dan 2026 setelah melalui alur PRISMA (identifikasi, screening, eligibilitas), hanya 8 dari 20 studi tersebut yang memenuhi kriteria perhitungan *effect size* karena memiliki desain eksperimen/kuasi-eksperimen serta data statistik lengkap (mean, SD, n), sementara 12 studi lainnya dieksklusi dari analisis kuantitatif karena desain non-eksperimental atau kelengkapan data tidak memadai. Hasil perhitungan kedelapan studi menunjukkan rata-rata *effect size* $\Delta = 1,57$ (pengaruh sangat tinggi) terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik. ChatGPT merupakan platform AI yang paling dominan digunakan (40%) dan terbukti lebih efektif ketika diintegrasikan dengan model pembelajaran aktif seperti Project-Based Learning dan *blended learning*. Jenjang SMA merupakan konteks yang paling banyak diteliti (45%), diikuti mahasiswa (30%), dengan fokus kajian utama pada kemampuan berpikir kritis (50%).

REKOMENDASI

Pemanfaatan AI dalam pembelajaran biologi perlu dioptimalkan melalui langkah-langkah strategis berikut. Bagi pendidik biologi, integrasikan AI khususnya ChatGPT atau platform multi-fungsi dalam sesi diskusi post-lab, analisis studi kasus biologi, atau refleksi PjBL melalui pendekatan *scaffolded questioning* agar AI memfasilitasi eksplorasi siswa, bukan memberikan jawaban langsung; bagi peneliti selanjutnya, laporkan data statistik lengkap (mean, SD, n per kelompok) secara konsisten untuk memungkinkan perhitungan *effect size*, analisis heterogenitas (I^2), dan uji bias publikasi, serta prioritaskan desain RCT dengan randomisasi ketat guna memperkuat inferensi kausal; bagi lembaga pendidikan, sediakan pelatihan pedagogis AI (bukan sekadar teknis) bagi guru biologi, kembangkan rubrik evaluasi kritis untuk menilai respons AI dalam konteks materi biologi spesifik, dan tetapkan panduan etika penggunaan AI yang mencakup kejujuran akademik, transparansi, serta verifikasi informasi; dan bagi peserta didik, jadikan AI sebagai mitra berpikir, bukan pengganti berpikir mandiri, serta biasakan memvalidasi informasi dari AI dengan literatur ilmiah primer sebelum menggunakannya dalam tugas, laporan, atau keputusan belajar.

DAFTAR PUSTAKA

- Aripin, M., Hakim, A., & Rahayu, S. (2024). The Use Of Artificial Intelligence In Biology Education: A Literature Review. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 10(2), 112–125. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i2>
- Baroud, S., El Alaoui, M., Janati Idrissi, R., Boucetta, N., Ghariz, G., & Seghir, H. (2025). Improving Biology Learning In High School With Chatgpt: A Case Study In Morocco. *Eurasia Journal Of Mathematics, Science And Technology Education*, 21(7), Em2669. <https://doi.org/10.29333/Ejmste/16606>
- Duran, T., & Dikmenli, M. (2025). Use Of Artificial Intelligence In Biology Education: A Systematic Review Of Literature. *Journal Of Education In Science, Environment And Health*, 11(4), 314–333. <https://doi.org/10.55549/Jeseh.864>
- Fitri, R., Rahmawati, D., & Susanti, E. (2025). Persepsi Mahasiswa Pendidikan Biologi Terhadap Penggunaan Chatgpt Sebagai Sumber Belajar Digital. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Biologi*, 9(1), 45–58. <https://doi.org/10.26418/jppb.v9i1>
- Fulsher, A., Marín, V. I., & Zawacki-Richter, O. (2025). Genai And Misinformation In Education: A Systematic Scoping Review Of Opportunities And Challenges. *AI & Society*. <https://doi.org/10.1007/S00146-025-02536-Y>
- Glass, G. V., McGraw, B., & Smith, M. L. (1981). *Meta-Analysis In Social Research*. Sage Publications.
- Hadarmawandi, H., Maulana, I., & Pertiwi, R. (2025). Pengaruh Penggunaan Chatgpt Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Pada Pembelajaran Biologi. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 13(2), 78–91. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v13i2>
- Harahap, D. A., Faizin, M., Anisa, V., Erydani, C., Lestari, S., Dewi, D. S., & Ardhi, M. A. (2025). Project-Based Learning With AI Integration To Foster Critical Thinking Skills And Self-Efficacy Of Pre-Service Teachers. *Jurnal Eduscience (JES)*, 12(5).
- Harjanti, F. D., Suhartono, S., Ardiansyah, R., & Suryandari, S. (2025). The Effectiveness Of Artificial Intelligence In Enhancing Critical And Creative Thinking Within The Pancasila

- Student Profile Framework. *EDUKASIA Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 6(2), 1175–1186. <https://doi.org/10.62775/Edukasia.V6i2.1741>
- Jones, E. M., Newman, J. D., Kim, B., & Fogle, E. J. (2025). AI-Generated “Slop” In Online Biomedical Science Educational Videos: Mixed Methods Study Of Prevalence, Characteristics, And Hazards To Learners And Teachers. *JMIR Medical Education*, 11, E80084. <https://doi.org/10.2196/80084>
- Ma’fud, M. A., & Abidin, Z. (2025). Korelasi Antara Literasi Kecerdasan Buatan Dengan Prestasi Belajar Dan Motivasi Siswa SMA Pada Mata Pelajaran Biologi. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 31(1), 55–68. <https://doi.org/10.17977/Um048v31i1p55-68>
- Priyanti, N. W. I., & Wahyuni, D. S. (2022). Transformasi Pembelajaran Biologi Berbasis Kecerdasan Buatan: Implikasi Terhadap Kompetensi Berpikir Kritis Calon Guru. *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 7(2), 134–148. <https://doi.org/10.24832/Jpnk.V7i2>
- Qalbina Syahril, N. (2025). Kecerdasan Buatan Generatif Dan Perilaku Kecurangan Akademik: Tantangan Dan Urgensi Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Ilmu Pendidikan Indonesia*, 13(2), 88–100. <https://doi.org/10.33369/Jipi.V13i2>
- Rai, M. E., & Nannas, N. J. (2025). Artificial Intelligence Performance In Introductory Biology: Passing Grades But Poor Performance At High Cognitive Complexity. *Education Sciences*, 15(10), 1400. <https://doi.org/10.3390/Educsci15101400>
- Ramadhani, R., Yogica, R., Zulyusri, Z., & Rahmi, F. O. (2025). Pengaruh Penggunaan Gemini AI Pada Perencanaan Proyek Biologi Terhadap Kreativitas Peserta Didik Di SMA. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 4(1), 2313–2319. <https://doi.org/10.31004/Jerkin.V4i1.1762>
- Sinyo, S., & Sabtu, A. (2025). Efektivitas Media Pembelajaran Berbasis Kecerdasan Buatan Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Pada Konsep-Konsep Biologi. *Jurnal Biologi Edukasi*, 17(1), 12–24. <https://doi.org/10.20527/Jbe.V17i1>
- Sari, K., Yunita, Y., & Maknun, D. (2021). Meta-Analisis Pembelajaran Berbasis Proyek Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Biologi Siswa SLTP Dan SLTA. *Quagga: Jurnal Pendidikan Dan Biologi*, 13(2).
- Thanh, N. T., Phuong, L. T., & Huong, D. T. (2025). Students’ Perception And Acceptance Of AI Learning Applications In Biology Education: A TAM-Based Study In Vietnam. *International Journal Of Emerging Technologies In Learning*, 20(5), 88–103. <https://doi.org/10.3991/ijet.V20i5>
- Xu, T., & Jumaat, N. F. (2025). Enhancing Critical Thinking In EFL Writing Through An AI-Supported Blended Learning Model. *International Journal Of Academic Research In Progressive Education And Development*, 14(1). <https://doi.org/10.6007/Ijarped/V14-I1/24850>
- Yang, J., & Niu, T. (2026). Exploring The Impact Of AI Feedback On College Students’ Critical Thinking: An Intervention Experiment Based On Design Discipline. *Frontiers In Psychology*, 17. <https://doi.org/10.3389/Fpsyg.2026.1806913>
- Yolanda, S., Putri, R. A., & Dewi, N. (2024). Perspektif Siswa SMA Terhadap Penggunaan Chatgpt Dalam Pembelajaran Biologi Di Era Society 5.0. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Matematika*, 12(2), 65–78. <https://doi.org/10.37630/Jpsm.V12i2>

Zhao, G., Sheng, H., Wang, Y., Cai, X., & Long, T. (2025). Generative Artificial Intelligence Amplifies The Role Of Critical Thinking Skills And Reduces Reliance On Prior Knowledge While Promoting In-Depth Learning. *Education Sciences*, 15(5), 554. <https://doi.org/10.3390/Educsci15050554>