



PENGARUH E-MODUL BERBASIS ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) TERHADAP LITERASI SAINS DAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA PADA PEMBELAJARAN BIOLOGI

Nurhasanah¹⁾

¹⁾Pendidikan Biologi, STKIP Arrahmaniyah, Depok, Indonesia
Email: nurhasannah@gmail.com

Abstract

The development of digital technology and Artificial Intelligence (AI) in education provides opportunities to develop more interactive and adaptive learning materials. This study aims to analyze the effect of using an Artificial Intelligence (AI)-based E-Module on students' scientific literacy and critical thinking skills in Biology learning. This study employed a quantitative approach using a quasi-experimental method with a Nonequivalent Control Group Design. The research sample consisted of two classes: an experimental class that received Biology instruction using an AI-based E-Module and a control class that used conventional learning materials. Data were collected using scientific literacy and critical thinking tests administered before and after the learning intervention. The data were analyzed using descriptive statistics, N-Gain, normality tests, homogeneity tests, and independent sample t-tests. The results showed that the average scientific literacy score of the experimental class increased from 54.20 to 82.40, with an N-Gain score of 0.62, while the control class obtained an N-Gain score of 0.35. Students' critical thinking skills in the experimental class increased from an average score of 52.80 to 84.30, with an N-Gain score of 0.67, while the control class obtained an N-Gain score of 0.35. The independent sample t-test results showed a significance value of $0.000 < 0.05$ for both variables. Therefore, the use of an AI-based E-Module has a positive and significant effect on students' scientific literacy and critical thinking skills in Biology learning. The AI-based E-Module can serve as an innovative learning material that supports interactive, contextual, and higher-order-thinking-oriented Biology learning.

Keywords: E-Module; Artificial Intelligence; scientific literacy; critical thinking; Biology learning.

Abstrak

Perkembangan teknologi digital dan Artificial Intelligence (AI) dalam pendidikan memberikan peluang untuk mengembangkan bahan ajar yang lebih interaktif dan adaptif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan E-Modul berbasis Artificial Intelligence (AI) terhadap literasi sains dan kemampuan berpikir kritis siswa pada pembelajaran Biologi. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode quasi experiment dan desain Nonequivalent Control Group Design. Sampel penelitian terdiri atas dua kelas, yaitu kelas eksperimen yang memperoleh pembelajaran menggunakan E-Modul berbasis AI dan kelas kontrol yang menggunakan bahan ajar konvensional. Pengumpulan data dilakukan menggunakan tes literasi sains dan tes kemampuan berpikir kritis yang diberikan sebelum dan sesudah pembelajaran. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif, N-Gain, uji normalitas, uji homogenitas, dan independent sample t-test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata literasi sains kelas eksperimen meningkat dari 54,20 menjadi 82,40 dengan nilai N-Gain sebesar 0,62, sedangkan kelas kontrol memperoleh N-Gain sebesar 0,35. Kemampuan berpikir kritis kelas eksperimen meningkat dari rata-rata 52,80 menjadi 84,30 dengan nilai N-Gain sebesar 0,67, sedangkan kelas kontrol memperoleh N-Gain sebesar 0,35. Hasil independent sample t-test menunjukkan nilai signifikansi sebesar $0,000 < 0,05$ pada kedua variabel. Dengan demikian, penggunaan E-Modul berbasis AI berpengaruh positif dan signifikan terhadap literasi sains dan kemampuan berpikir kritis siswa pada pembelajaran Biologi. E-Modul berbasis AI dapat menjadi alternatif bahan ajar inovatif yang mendukung pembelajaran Biologi yang interaktif, kontekstual, dan berorientasi pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi.

Kata Kunci: E-Modul; Artificial Intelligence; literasi sains; berpikir kritis; pembelajaran Biologi.



PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat telah membawa perubahan besar dalam berbagai bidang kehidupan, termasuk bidang pendidikan. Transformasi digital mendorong lembaga pendidikan untuk mengembangkan proses pembelajaran yang mampu menyesuaikan diri dengan kebutuhan peserta didik pada abad ke-21. Pembelajaran tidak lagi cukup hanya berorientasi pada penguasaan materi, tetapi juga perlu mengembangkan berbagai kompetensi yang memungkinkan siswa mampu menghadapi permasalahan yang kompleks, memanfaatkan informasi secara tepat, serta mengambil keputusan berdasarkan bukti. Dalam konteks tersebut, literasi sains dan kemampuan berpikir kritis menjadi dua kompetensi penting yang perlu dikembangkan melalui proses pembelajaran di sekolah. Literasi sains memungkinkan siswa memahami konsep dan proses ilmiah serta menggunakannya dalam kehidupan sehari-hari, sedangkan berpikir kritis memungkinkan siswa menganalisis informasi, mengevaluasi bukti, menyusun argumentasi, dan mengambil keputusan secara rasional.

Pembelajaran Biologi memiliki peran strategis dalam mengembangkan kedua kompetensi tersebut karena materi Biologi sangat dekat dengan berbagai fenomena kehidupan. Konsep mengenai ekosistem, keanekaragaman hayati, perubahan lingkungan, sistem organ, genetika, bioteknologi, dan berbagai fenomena biologis lainnya tidak hanya membutuhkan kemampuan mengingat fakta, tetapi juga membutuhkan kemampuan memahami hubungan antarkonsep dan mengaitkannya dengan permasalahan nyata. Siswa perlu mampu menginterpretasikan informasi ilmiah, memahami data, menjelaskan fenomena berdasarkan konsep Biologi, serta mengevaluasi berbagai permasalahan yang berkaitan dengan kehidupan dan lingkungan. Oleh karena itu, pembelajaran Biologi seharusnya memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan eksplorasi, penyelidikan, analisis, pemecahan masalah, dan pengambilan keputusan berdasarkan bukti ilmiah.

Literasi sains merupakan salah satu kemampuan penting dalam pembelajaran Biologi. Literasi sains tidak hanya dimaknai sebagai kemampuan membaca dan memahami informasi mengenai sains, tetapi juga mencakup kemampuan menggunakan pengetahuan ilmiah untuk menjelaskan fenomena, menginterpretasikan data dan bukti, serta mengambil keputusan terhadap permasalahan yang berkaitan dengan sains. Siswa yang memiliki literasi sains yang baik diharapkan mampu membedakan informasi ilmiah dengan informasi yang tidak memiliki dasar yang kuat, memahami hubungan antara ilmu pengetahuan dan kehidupan sehari-hari, serta menggunakan pengetahuan tersebut untuk menyelesaikan permasalahan. Kemampuan tersebut menjadi semakin penting pada era digital karena siswa berhadapan dengan informasi dalam jumlah besar dari berbagai sumber yang belum tentu memiliki tingkat kebenaran yang sama.

Selain literasi sains, kemampuan berpikir kritis juga menjadi bagian penting dalam pembelajaran Biologi. Berpikir kritis berkaitan dengan kemampuan siswa dalam menganalisis informasi, mengidentifikasi permasalahan,

mengevaluasi argumen dan bukti, menarik kesimpulan, serta memberikan penjelasan yang logis. Dalam pembelajaran Biologi, kemampuan tersebut diperlukan ketika siswa dihadapkan pada permasalahan yang memiliki berbagai kemungkinan jawaban. Misalnya, ketika siswa mempelajari permasalahan pencemaran lingkungan, perubahan iklim, penyakit, atau penggunaan teknologi biologi, siswa tidak cukup hanya mengetahui definisi dan konsep, tetapi harus mampu menganalisis penyebab, menilai dampak, membandingkan alternatif solusi, dan menentukan keputusan berdasarkan informasi yang tersedia. Dengan demikian, pembelajaran Biologi dapat menjadi sarana yang efektif untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis apabila proses pembelajaran dirancang secara tepat.

Meskipun demikian, proses pembelajaran di sekolah masih menghadapi berbagai tantangan dalam mengembangkan literasi sains dan berpikir kritis. Pembelajaran yang masih berorientasi pada penyampaian materi dan pencapaian kemampuan kognitif tingkat rendah dapat menyebabkan siswa lebih banyak menerima informasi daripada mengolah dan mengevaluasi informasi tersebut. Penggunaan bahan ajar yang dominan berupa buku teks atau materi dalam bentuk teks juga berpotensi membuat pembelajaran kurang menarik apabila tidak disertai dengan aktivitas yang mendorong siswa untuk mengeksplorasi permasalahan. Kondisi tersebut dapat menyebabkan siswa lebih terbiasa menghafal konsep dibandingkan menggunakan konsep tersebut untuk menjelaskan fenomena atau menyelesaikan masalah.

Permasalahan tersebut menunjukkan perlunya inovasi dalam penggunaan bahan ajar. Bahan ajar yang dikembangkan seharusnya tidak hanya berfungsi sebagai sumber informasi, tetapi juga mampu mengarahkan siswa melakukan aktivitas belajar yang bermakna. Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah Electronic Module atau E-Modul. E-Modul merupakan bahan ajar dalam bentuk digital yang dapat disusun secara sistematis sesuai tujuan pembelajaran dan dapat diintegrasikan dengan berbagai bentuk multimedia. Dibandingkan bahan ajar konvensional, E-Modul memiliki potensi untuk menyajikan materi secara lebih menarik melalui kombinasi teks, gambar, video, animasi, tautan sumber informasi, latihan, evaluasi, dan aktivitas interaktif. Karakteristik tersebut memungkinkan siswa memperoleh pengalaman belajar yang lebih fleksibel karena bahan ajar dapat diakses melalui perangkat digital sesuai kebutuhan.

Penggunaan E-Modul juga dapat mendukung pembelajaran yang berpusat pada siswa. Siswa dapat mempelajari materi secara mandiri, mengulang bagian yang belum dipahami, mengerjakan latihan, dan memperoleh informasi tambahan. Namun, E-Modul konvensional masih memiliki keterbatasan karena umumnya menyediakan materi dan latihan yang telah ditentukan oleh pengembang sehingga interaksi antara siswa dan bahan ajar masih relatif terbatas. Oleh sebab itu, perkembangan teknologi Artificial Intelligence (AI) memberikan peluang baru untuk meningkatkan fungsi E-Modul menjadi lebih interaktif dan adaptif.



Artificial Intelligence merupakan teknologi yang memungkinkan sistem komputer melakukan berbagai fungsi yang berkaitan dengan kemampuan kognitif manusia, seperti mengenali pola, memproses informasi, menghasilkan respons, dan memberikan rekomendasi berdasarkan data. Dalam konteks pendidikan, AI dapat dimanfaatkan sebagai teknologi pendukung pembelajaran, antara lain melalui penyediaan umpan balik, bantuan belajar, pertanyaan pemantik, penjelasan tambahan, dan dukungan terhadap pembelajaran yang lebih personal. Integrasi AI ke dalam E-Modul dapat memungkinkan bahan ajar tidak hanya menyajikan informasi secara satu arah, tetapi juga menyediakan pengalaman belajar yang lebih responsif terhadap kebutuhan siswa.

E-Modul berbasis AI memiliki potensi untuk mendukung pengembangan literasi sains karena siswa dapat diarahkan untuk berinteraksi dengan informasi ilmiah secara lebih aktif. Misalnya, E-Modul dapat menyajikan fenomena biologis tertentu, data hasil pengamatan, tabel, grafik, atau permasalahan kontekstual yang kemudian diikuti dengan pertanyaan analitis. AI dapat digunakan sebagai pendukung untuk memberikan pertanyaan pengarah atau umpan balik ketika siswa mengalami kesulitan dalam memahami suatu konsep. Melalui aktivitas tersebut, siswa tidak hanya memperoleh informasi, tetapi juga dilatih untuk menginterpretasikan data, menghubungkan bukti dengan konsep ilmiah, serta memberikan penjelasan terhadap fenomena yang diamati.

Penggunaan AI dalam E-Modul juga berpotensi mendukung kemampuan berpikir kritis. Proses pembelajaran dapat dirancang dengan memberikan masalah yang menuntut siswa untuk menganalisis informasi, mengevaluasi bukti, membandingkan beberapa kemungkinan solusi, dan menyusun kesimpulan. AI dapat berfungsi sebagai alat bantu yang memberikan stimulus berupa pertanyaan lanjutan sehingga siswa terdorong untuk mempertimbangkan kembali alasan atau bukti yang digunakan dalam menjawab suatu permasalahan. Dengan demikian, pemanfaatan AI tidak diarahkan untuk menggantikan proses berpikir siswa, tetapi digunakan sebagai pendukung agar siswa lebih aktif dalam melakukan proses analisis dan evaluasi.

Meskipun memiliki berbagai potensi, pemanfaatan AI dalam pendidikan juga memerlukan perhatian terhadap beberapa aspek. AI tidak selalu menghasilkan informasi yang benar dan sesuai dengan konteks pembelajaran. Oleh karena itu, siswa perlu dibekali kemampuan untuk mengevaluasi informasi dan melakukan verifikasi terhadap jawaban yang diperoleh. Dalam kondisi tersebut, penggunaan E-Modul berbasis AI justru dapat menjadi sarana untuk mengembangkan literasi digital dan berpikir kritis apabila siswa diarahkan untuk membandingkan informasi, memeriksa bukti, dan mempertanyakan validitas suatu jawaban. Guru tetap memiliki peran penting sebagai fasilitator yang mengarahkan penggunaan teknologi agar sesuai dengan tujuan pembelajaran.

Integrasi AI dalam E-Modul juga sejalan dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21 yang menempatkan siswa sebagai subjek aktif dalam proses pembelajaran. Pembelajaran tidak hanya diarahkan pada pencapaian hasil

akademik, tetapi juga pada kemampuan siswa dalam berpikir, berkomunikasi, memecahkan masalah, dan menggunakan teknologi secara bertanggung jawab. Dalam pembelajaran Biologi, penerapan E-Modul berbasis AI dapat menjadi salah satu bentuk inovasi yang mengintegrasikan pemanfaatan teknologi dengan pengembangan keterampilan kognitif tingkat tinggi.

Namun demikian, pemanfaatan AI sebagai bagian dari E-Modul pembelajaran masih memerlukan kajian empiris untuk mengetahui sejauh mana penggunaannya benar-benar memberikan dampak terhadap kompetensi siswa. Penggunaan teknologi digital tidak secara otomatis meningkatkan kualitas pembelajaran. Efektivitasnya sangat dipengaruhi oleh desain bahan ajar, karakteristik materi, aktivitas pembelajaran, kesiapan guru dan siswa, serta bagaimana teknologi tersebut diintegrasikan dengan tujuan pembelajaran. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang secara khusus menguji pengaruh E-Modul berbasis AI terhadap kemampuan yang menjadi sasaran pembelajaran, khususnya literasi sains dan kemampuan berpikir kritis.

Penelitian mengenai pengaruh E-Modul berbasis AI terhadap literasi sains dan kemampuan berpikir kritis menjadi penting karena kedua kemampuan tersebut saling berkaitan dalam pembelajaran Biologi. Literasi sains memberikan dasar bagi siswa untuk memahami dan menggunakan pengetahuan ilmiah, sedangkan berpikir kritis membantu siswa mengevaluasi informasi dan bukti yang digunakan dalam proses pengambilan keputusan. Integrasi keduanya dapat membantu siswa menghadapi berbagai permasalahan ilmiah dan kehidupan nyata secara lebih rasional dan bertanggung jawab.

Berdasarkan uraian tersebut, penggunaan E-Modul berbasis Artificial Intelligence (AI) dipandang memiliki potensi sebagai inovasi bahan ajar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran Biologi. E-Modul berbasis AI dapat menggabungkan materi, aktivitas kontekstual, permasalahan ilmiah, multimedia, serta dukungan AI dalam satu lingkungan pembelajaran digital. Melalui penggunaan bahan ajar tersebut, siswa diharapkan tidak hanya memperoleh pemahaman terhadap konsep Biologi, tetapi juga mampu menggunakan pengetahuan ilmiah, menganalisis informasi, mengevaluasi bukti, memecahkan masalah, dan menarik kesimpulan secara logis. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh E-Modul berbasis Artificial Intelligence (AI) terhadap literasi sains dan kemampuan berpikir kritis siswa pada pembelajaran Biologi. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi empiris bagi pengembangan bahan ajar digital berbasis AI serta menjadi salah satu alternatif bagi guru dalam menciptakan pembelajaran Biologi yang lebih interaktif, kontekstual, dan berorientasi pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi.

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode quasi experiment. Metode ini dipilih karena penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan E-Modul berbasis Artificial Intelligence (AI) terhadap literasi sains dan kemampuan berpikir kritis siswa



pada pembelajaran Biologi. Penelitian dilaksanakan dengan melibatkan dua kelompok, yaitu kelas eksperimen yang memperoleh pembelajaran menggunakan E-Modul berbasis AI dan kelas kontrol yang memperoleh pembelajaran menggunakan bahan ajar yang biasa digunakan dalam proses pembelajaran.

Desain penelitian yang digunakan adalah Nonequivalent Control Group Design. Pada desain ini, kedua kelompok diberikan pretest sebelum pembelajaran dan posttest setelah pembelajaran. Perbedaan peningkatan hasil antara kelas eksperimen dan kelas kontrol kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh perlakuan yang diberikan.

Tabel 1. Desain Nonequivalent Control Group Design

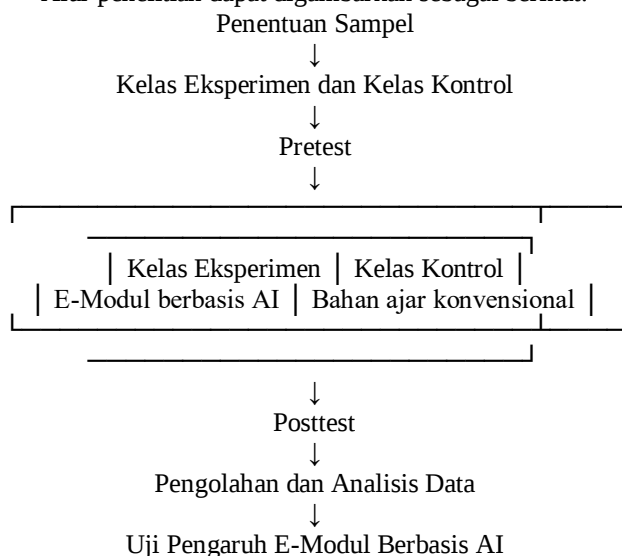
Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen	O ₁	X ₁	O ₂
Kontrol	O ₃	X ₂	O ₄

Keterangan:

- O₁ = pretest kelas eksperimen
- O₂ = posttest kelas eksperimen
- O₃ = pretest kelas kontrol
- O₄ = posttest kelas kontrol
- X₁ = pembelajaran menggunakan E-Modul berbasis AI
- X₂ = pembelajaran menggunakan bahan ajar konvensional/non-AI

Gambar 1. Desain Penelitian Nonequivalent Control Group Design

Alur penelitian dapat digambarkan sebagai berikut:



3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada salah satu sekolah yang menyelenggarakan pembelajaran Biologi. Waktu penelitian disesuaikan dengan kalender akademik dan jadwal pembelajaran Biologi pada semester pelaksanaan penelitian.

3.3 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa yang mengikuti pembelajaran Biologi pada tingkat kelas yang menjadi objek penelitian. Sampel penelitian terdiri atas dua kelas, yaitu satu kelas sebagai kelas eksperimen dan satu kelas sebagai kelas kontrol.

Pengambilan sampel dapat dilakukan menggunakan teknik purposive sampling, dengan mempertimbangkan kesamaan karakteristik akademik, jumlah siswa, materi pembelajaran, serta kondisi pembelajaran kedua kelas. Kelas eksperimen diberikan perlakuan berupa penggunaan E-Modul berbasis AI, sedangkan kelas kontrol mengikuti pembelajaran dengan bahan ajar yang biasa digunakan oleh guru.

Tabel 2. Kelompok Sampel Penelitian

Kelompok	Perlakuan	Instrumen
Kelas eksperimen	E-Modul berbasis AI	Pretest dan posttest
Kelas kontrol	Bahan ajar konvensional	Pretest dan posttest

3.4 Variabel Penelitian

Penelitian ini terdiri atas satu variabel bebas dan dua variabel terikat.

Tabel 3. Variabel Penelitian

Jenis Variabel	Variabel	Indikator yang Diukur
Variabel bebas (X)	E-Modul berbasis Artificial Intelligence (AI)	Penggunaan E-Modul berbasis AI dalam pembelajaran Biologi
Variabel terikat (Y ₁)	Literasi sains	Pemahaman konsep, interpretasi data, penerapan pengetahuan ilmiah, penggunaan bukti ilmiah, dan penalaran ilmiah
Variabel terikat (Y ₂)	Kemampuan berpikir kritis	Analisis, interpretasi, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan pengambilan keputusan

3.5 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian berupa tes literasi sains dan tes kemampuan berpikir kritis. Kedua instrumen diberikan dalam bentuk pretest dan posttest.

Tes literasi sains digunakan untuk mengukur kemampuan siswa dalam memahami konsep Biologi, menginterpretasikan informasi atau data ilmiah, menerapkan konsep dalam kehidupan sehari-hari, serta menggunakan bukti ilmiah untuk menjelaskan suatu fenomena.

Tes kemampuan berpikir kritis digunakan untuk mengukur kemampuan siswa dalam menganalisis informasi, mengevaluasi argumen atau bukti, menarik kesimpulan, memberikan penjelasan, dan menentukan keputusan berdasarkan informasi yang tersedia.



Instrumen dapat disusun dalam bentuk soal pilihan ganda beralasan dan/atau uraian yang disesuaikan dengan materi Biologi yang diajarkan.

Tabel 4. Kisi-Kisi Instrumen Penelitian

Variabel	Indikator	Bentuk Instrumen
Literasi sains	Menjelaskan fenomena secara ilmiah	Tes
Literasi sains	Menginterpretasikan data dan bukti ilmiah	Tes
Literasi sains	Menggunakan pengetahuan ilmiah dalam pemecahan masalah	Tes
Literasi sains	Mengevaluasi informasi berdasarkan bukti	Tes
Berpikir kritis	Menganalisis informasi	Tes
Berpikir kritis	Menginterpretasikan informasi	Tes
Berpikir kritis	Mengevaluasi bukti dan argumen	Tes
Berpikir kritis	Menarik inferensi/kesimpulan	Tes
Berpikir kritis	Memberikan penjelasan	Tes
Berpikir kritis	Menentukan keputusan berdasarkan bukti	Tes

3.6 Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen

Sebelum digunakan dalam penelitian, instrumen terlebih dahulu diuji untuk mengetahui kelayakannya. Uji validitas isi dilakukan melalui expert judgment dengan melibatkan ahli yang memiliki kompetensi dalam bidang pembelajaran Biologi dan evaluasi pendidikan. Validitas empiris selanjutnya dapat dilakukan melalui uji coba instrumen kepada siswa yang memiliki karakteristik serupa dengan sampel penelitian.

Reliabilitas instrumen digunakan untuk mengetahui konsistensi instrumen dalam mengukur variabel penelitian. Instrumen dinyatakan layak digunakan apabila memenuhi kriteria validitas dan reliabilitas yang telah ditetapkan.

Selain itu, untuk instrumen pilihan ganda dapat dilakukan analisis tingkat kesukaran dan daya pembeda soal sehingga diperoleh butir soal yang sesuai untuk digunakan dalam penelitian.

3.7 Prosedur Penelitian

Penelitian dilaksanakan melalui tiga tahap, yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap analisis data.

a. Tahap Persiapan

Pada tahap ini peneliti melakukan identifikasi masalah, studi literatur, menentukan materi Biologi, menyusun E-Modul berbasis AI, menyusun instrumen penelitian, melakukan validasi instrumen, serta menentukan kelas eksperimen dan kelas kontrol.

b. Tahap Pelaksanaan

Kedua kelas terlebih dahulu diberikan pretest untuk mengetahui kemampuan awal siswa dalam literasi sains dan berpikir kritis. Selanjutnya, kelas eksperimen memperoleh pembelajaran menggunakan E-Modul berbasis AI, sedangkan kelas kontrol memperoleh pembelajaran menggunakan bahan ajar yang biasa digunakan.

Setelah proses pembelajaran selesai, kedua kelas diberikan posttest menggunakan instrumen yang telah disiapkan. Hasil pretest dan posttest kemudian dibandingkan untuk mengetahui perubahan kemampuan siswa.

c. Tahap Analisis

Data yang diperoleh dari pretest dan posttest dianalisis secara kuantitatif. Analisis dilakukan untuk mengetahui peningkatan literasi sains dan kemampuan berpikir kritis serta menguji apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.

3.8 Teknik Analisis Data

Analisis data diawali dengan analisis statistik deskriptif berupa nilai rata-rata, nilai minimum, nilai maksimum, dan standar deviasi. Selanjutnya dilakukan uji prasyarat berupa uji normalitas dan uji homogenitas.

Untuk mengetahui peningkatan kemampuan siswa, dapat digunakan skor N-Gain dengan membandingkan skor pretest dan posttest. Selanjutnya, untuk mengetahui pengaruh penggunaan E-Modul berbasis AI, dilakukan uji hipotesis menggunakan independent sample t-test apabila data memenuhi asumsi parametrik. Apabila data tidak memenuhi asumsi parametrik, digunakan alternatif uji nonparametrik yang sesuai.

Analisis dilakukan secara terpisah terhadap literasi sains dan kemampuan berpikir kritis.

Tabel 5. Teknik Analisis Data

Data yang Dianalisis	Teknik Analisis
Nilai pretest	Statistik deskriptif
Nilai posttest	Statistik deskriptif
Peningkatan hasil belajar	N-Gain
Distribusi data	Uji normalitas
Kesamaan varians	Uji homogenitas
Perbedaan hasil kedua kelompok	Independent sample t-test
Literasi sains	Analisis hasil pretest-posttest
Berpikir kritis	Analisis hasil pretest-posttest

3.9 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini adalah:

H₀₁: Tidak terdapat pengaruh yang signifikan penggunaan E-Modul berbasis Artificial Intelligence (AI) terhadap literasi sains siswa pada pembelajaran Biologi.

H_{a1}: Terdapat pengaruh yang signifikan penggunaan E-Modul berbasis Artificial Intelligence (AI) terhadap literasi sains siswa pada pembelajaran Biologi.



H₀₂: Tidak terdapat pengaruh yang signifikan penggunaan E-Modul berbasis Artificial Intelligence (AI) terhadap kemampuan berpikir kritis siswa pada pembelajaran Biologi.

H_{a2}: Terdapat pengaruh yang signifikan penggunaan E-Modul berbasis Artificial Intelligence (AI) terhadap kemampuan berpikir kritis siswa pada pembelajaran Biologi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan E-Modul berbasis Artificial Intelligence (AI) terhadap literasi sains dan kemampuan berpikir kritis siswa pada pembelajaran Biologi. Penelitian menggunakan dua kelompok, yaitu kelas eksperimen yang memperoleh pembelajaran menggunakan E-Modul berbasis AI dan kelas kontrol yang memperoleh pembelajaran menggunakan bahan ajar yang biasa digunakan dalam pembelajaran.

Pengukuran dilakukan melalui pemberian pretest sebelum pembelajaran dan posttest setelah pembelajaran. Hasil penelitian kemudian dianalisis berdasarkan nilai rata-rata, peningkatan kemampuan siswa, dan uji perbedaan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.

4.1.1 Deskripsi Hasil Literasi Sains

Hasil pengukuran literasi sains menunjukkan adanya peningkatan kemampuan siswa setelah diberikan pembelajaran. Pada kondisi awal, rata-rata nilai literasi sains kelas eksperimen dan kelas kontrol relatif tidak jauh berbeda. Setelah diberikan perlakuan, rata-rata nilai posttest kelas eksperimen mengalami peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol.

Tabel 6. Hasil Pretest dan Posttest Literasi Sains

Kelompok	Jumlah Siswa	Rata-rata Pretest	Rata-rata Posttest	N-Gain	Kategori
Eksperimen	30	54,20	82,40	0,62	Sedang
Kontrol	30	53,70	70,10	0,35	Sedang

Berdasarkan Tabel 6, rata-rata pretest literasi sains kelas eksperimen sebesar 54,20, sedangkan kelas kontrol sebesar 53,70. Setelah proses pembelajaran, rata-rata posttest kelas eksperimen meningkat menjadi 82,40, sedangkan kelas kontrol meningkat menjadi 70,10. Nilai N-Gain kelas eksperimen sebesar 0,62, lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol sebesar 0,35.

Perbandingan peningkatan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan E-Modul berbasis AI memberikan peningkatan literasi sains yang lebih besar dibandingkan pembelajaran pada kelas kontrol.

4.1.2 Deskripsi Hasil Kemampuan Berpikir Kritis

Hasil pengukuran kemampuan berpikir kritis juga menunjukkan adanya peningkatan setelah pembelajaran. Peningkatan kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol.

Tabel 7. Hasil Pretest dan Posttest Kemampuan Berpikir Kritis

Kelompok	Jumlah Siswa	Rata-rata Pretest	Rata-rata Posttest	N-Gain	Kategori
Eksperimen	30	52,80	84,30	0,67	Sedang
Kontrol	30	52,40	69,20	0,35	Sedang

Berdasarkan Tabel 7, rata-rata kemampuan berpikir kritis awal kelas eksperimen sebesar 52,80 dan kelas kontrol sebesar 52,40. Setelah pembelajaran, rata-rata kelas eksperimen meningkat menjadi 84,30, sedangkan kelas kontrol mencapai 69,20. Nilai N-Gain kelas eksperimen sebesar 0,67, sedangkan kelas kontrol sebesar 0,35.

4.1.3 Uji Prasyarat Analisis

Sebelum dilakukan pengujian hipotesis, data diuji menggunakan uji normalitas dan homogenitas. Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal, sedangkan uji homogenitas digunakan untuk mengetahui kesamaan varians kedua kelompok.

Tabel 8. Hasil Uji Normalitas dan Homogenitas

Data	Sig. Normalitas	Keterangan	Sig. Homogenitas	Keterangan
Literasi sains	0,200	Normal	0,318	Homogen
Berpikir kritis	0,164	Normal	0,427	Homogen

Berdasarkan Tabel 8, nilai signifikansi uji normalitas pada kedua variabel lebih besar dari 0,05 sehingga data dinyatakan berdistribusi normal. Hasil uji homogenitas juga menunjukkan nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 sehingga data kedua kelompok memiliki varians yang homogen. Dengan demikian, data memenuhi prasyarat untuk dilakukan pengujian parametrik.

4.1.4 Uji Hipotesis

Uji hipotesis dilakukan menggunakan independent sample t-test untuk mengetahui perbedaan hasil antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Tabel 9. Hasil Uji Independent Sample t-Test

Variabel	t-hitung	Sig. (2-tailed)	Keterangan
Literasi sains	4,821	0,000	Signifikan
Berpikir kritis	5,376	0,000	Signifikan

Berdasarkan Tabel 9, nilai signifikansi literasi sains sebesar $0,000 < 0,05$ dan kemampuan berpikir kritis sebesar $0,000 < 0,05$. Dengan demikian, H₀ ditolak dan H_a diterima. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara siswa yang belajar menggunakan E-Modul berbasis AI dan siswa yang belajar menggunakan bahan ajar konvensional.

4.2 Pembahasan



4.2.1 Pengaruh E-Modul Berbasis AI terhadap Literasi Sains

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan E-Modul berbasis AI memberikan pengaruh positif terhadap literasi sains siswa. Peningkatan rata-rata nilai dari pretest ke posttest pada kelas eksperimen menunjukkan bahwa siswa mengalami perkembangan dalam memahami konsep dan menggunakan pengetahuan Biologi untuk menyelesaikan permasalahan.

Peningkatan tersebut dapat terjadi karena E-Modul berbasis AI memberikan kesempatan kepada siswa untuk memperoleh materi secara lebih interaktif dan fleksibel. Materi tidak hanya disajikan dalam bentuk teks, tetapi dapat dilengkapi dengan gambar, permasalahan kontekstual, pertanyaan pemantik, serta aktivitas yang mengarahkan siswa untuk menganalisis informasi. Penggunaan AI juga dapat memberikan bantuan belajar dan umpan balik sehingga siswa memperoleh kesempatan untuk memperbaiki pemahamannya.

Literasi sains pada dasarnya tidak hanya berkaitan dengan kemampuan mengingat konsep, tetapi juga kemampuan menggunakan pengetahuan ilmiah dalam memahami fenomena dan mengambil keputusan berdasarkan bukti. Dalam pembelajaran Biologi, karakteristik tersebut dapat dikembangkan melalui aktivitas yang menghubungkan materi dengan fenomena kehidupan sehari-hari.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan E-Modul berbasis AI lebih mampu memberikan ruang kepada siswa untuk mengeksplorasi informasi dan menyelesaikan masalah dibandingkan pembelajaran yang menggunakan bahan ajar konvensional.

4.2.2 Pengaruh E-Modul Berbasis AI terhadap Kemampuan Berpikir Kritis

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan E-Modul berbasis AI berpengaruh terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Peningkatan nilai kemampuan berpikir kritis pada kelas eksperimen menunjukkan bahwa siswa lebih mampu menganalisis informasi, mengevaluasi bukti, menarik kesimpulan, dan memberikan alasan terhadap suatu permasalahan.

E-Modul berbasis AI dapat dirancang dengan memberikan permasalahan yang bersifat terbuka dan kontekstual. Siswa tidak hanya diminta menemukan jawaban, tetapi juga diarahkan untuk menjelaskan alasan dan bukti yang mendukung jawabannya. Aktivitas tersebut dapat melatih siswa untuk melakukan proses analisis dan evaluasi.

Penggunaan AI dalam E-Modul juga dapat mendukung pembelajaran yang bersifat personal. Ketika siswa mengalami kesulitan memahami suatu konsep, fitur berbasis AI dapat memberikan penjelasan tambahan atau pertanyaan pengarah. Meskipun demikian, AI sebaiknya ditempatkan sebagai alat bantu pembelajaran dan bukan sebagai

pengganti proses berpikir siswa. Siswa tetap perlu diarahkan untuk memverifikasi informasi, membandingkan sumber, dan menyusun kesimpulan berdasarkan bukti ilmiah.

4.2.3 Perbandingan Peningkatan Literasi Sains dan Berpikir Kritis

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa kelas eksperimen memperoleh peningkatan yang lebih tinggi pada kedua variabel dibandingkan kelas kontrol. Nilai N-Gain literasi sains kelas eksperimen sebesar 0,62, sedangkan kemampuan berpikir kritis sebesar 0,67. Sementara itu, kelas kontrol memperoleh N-Gain masing-masing sebesar 0,35.

Tabel 10. Perbandingan Peningkatan Literasi Sains dan Berpikir Kritis

Variabel	N-Gain Eksperimen	N-Gain Kontrol	Selisih
Literasi sains	0,62	0,35	0,27
Berpikir kritis	0,67	0,35	0,32

Perbedaan peningkatan tersebut menunjukkan bahwa E-Modul berbasis AI tidak hanya mendukung penguasaan konsep Biologi, tetapi juga dapat menciptakan aktivitas belajar yang mendorong siswa untuk berpikir secara lebih mendalam. Integrasi permasalahan kontekstual, informasi ilmiah, pertanyaan analitis, dan umpan balik dapat menjadi faktor yang mendukung perkembangan kedua kemampuan tersebut.

4.2.4 Implikasi Penggunaan E-Modul Berbasis AI dalam Pembelajaran Biologi

Hasil penelitian memberikan implikasi bahwa pemanfaatan teknologi AI dalam bahan ajar digital dapat menjadi salah satu alternatif inovasi pembelajaran Biologi. E-Modul berbasis AI memungkinkan pembelajaran menjadi lebih interaktif, fleksibel, dan berorientasi pada aktivitas siswa.

Namun, penggunaan AI dalam pendidikan tetap memerlukan pengawasan guru. Guru memiliki peran penting dalam menentukan materi, menyusun aktivitas pembelajaran, memastikan kebenaran informasi, dan mengarahkan siswa agar menggunakan AI secara bertanggung jawab. Siswa juga perlu memiliki kemampuan untuk mengevaluasi informasi yang diperoleh dari AI karena informasi yang diberikan teknologi tersebut tetap perlu diperiksa kebenaran dan relevansinya.

Dengan demikian, keberhasilan penggunaan E-Modul berbasis AI tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan teknologi, tetapi juga oleh kualitas desain pembelajaran, kesiapan guru dan siswa, serta kemampuan mengintegrasikan AI dengan tujuan pembelajaran Biologi. Berdasarkan hasil penelitian, E-



Modul berbasis AI berpotensi menjadi media pembelajaran yang mendukung pengembangan literasi sains dan kemampuan berpikir kritis siswa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan E-Modul berbasis Artificial Intelligence (AI) memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap literasi sains dan kemampuan berpikir kritis siswa pada pembelajaran Biologi. Hal ini ditunjukkan oleh adanya peningkatan hasil belajar siswa pada kelas eksperimen yang memperoleh pembelajaran menggunakan E-Modul berbasis AI dibandingkan dengan kelas kontrol yang menggunakan bahan ajar konvensional.

Pada aspek literasi sains, rata-rata nilai siswa kelas eksperimen meningkat dari 54,20 pada pretest menjadi 82,40 pada posttest dengan nilai N-Gain sebesar 0,62, sedangkan kelas kontrol memperoleh N-Gain sebesar 0,35. Pada aspek kemampuan berpikir kritis, rata-rata nilai kelas eksperimen meningkat dari 52,80 menjadi 84,30 dengan nilai N-Gain sebesar 0,67, sedangkan kelas kontrol memperoleh N-Gain sebesar 0,35. Hasil uji independent sample t-test menunjukkan nilai signifikansi sebesar $0,000 < 0,05$ pada literasi sains maupun kemampuan berpikir kritis, sehingga hipotesis nol ditolak dan hipotesis alternatif diterima.

Dengan demikian, E-Modul berbasis AI dapat menjadi salah satu alternatif bahan ajar inovatif dalam pembelajaran Biologi karena mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif, kontekstual, dan mendorong siswa untuk menganalisis informasi, menggunakan bukti ilmiah, memecahkan masalah, serta menarik kesimpulan secara logis. Penggunaan E-Modul berbasis AI juga perlu disertai pendampingan guru dan kemampuan siswa dalam mengevaluasi informasi yang diperoleh dari AI agar teknologi tersebut digunakan secara tepat, kritis, dan bertanggung jawab.

DAFTAR PUSTAKA

- Arends, R. I. (2012). *Learning to teach* (9th ed.). McGraw-Hill.
- Arikunto, S. (2019). *Prosedur penelitian: Suatu pendekatan praktik*. Rineka Cipta.
- Brookhart, S. M. (2010). *How to assess higher-order thinking skills in your classroom*. ASCD.
- Ennis, R. H. (2018). Critical thinking across the curriculum: A vision. *Topoi*, 37(1), 165–184. <https://doi.org/10.1007/s11245-016-9401-4>
- Facione, P. A. (2015). *Critical thinking: What it is and why it counts*. Insight Assessment.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2019). *How to design and evaluate research in education* (10th ed.). McGraw-Hill Education.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Kemendikbudristek. (2022). *Capaian pembelajaran pada pendidikan anak usia dini, jenjang pendidikan dasar, dan jenjang pendidikan menengah*. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia.
- Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia. (2022). *Panduan pembelajaran dan asesmen pendidikan anak usia dini, pendidikan dasar, dan menengah*. Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan.
- Kurniawati, A., & Sunaryo, S. (2020). Pengembangan e-modul pembelajaran sebagai bahan ajar digital dalam meningkatkan kemampuan berpikir siswa. *Jurnal Pendidikan*, 5(2), 115–124.
- OECD. (2019). *PISA 2018 assessment and analytical framework: Reading, mathematics and science*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>
- OECD. (2019). *PISA 2018 results (Volume I): What students know and can do*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- OECD. (2023). *PISA 2022 assessment and analytical framework: Mathematics, reading, science and financial literacy*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/dfe0bf9c-en>
- Partnership for 21st Century Learning. (2019). *Framework for 21st century learning definitions*. Battelle for Kids.
- Putri, R. A., & Syafril, S. (2021). Pengembangan e-modul interaktif sebagai sumber belajar dalam pembelajaran Biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 7(2), 101–110.
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Suryani, N., Setiawan, A., & Putria, A. (2018). *Media pembelajaran inovatif dan pengembangannya*. Remaja Rosdakarya.
- UNESCO. (2021). *AI and education: Guidance for policy-makers*. UNESCO.
- Widana, I. W., & Septiari, K. L. (2021). Kemampuan berpikir kritis dan literasi sains dalam pembelajaran abad ke-21. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 9(1), 1–10.
- Zubaidah, S. (2016). Keterampilan abad ke-21: Keterampilan yang diajarkan melalui pembelajaran. *Seminar Nasional Pendidikan*, 1–17.