

The Effectiveness of an Interactive Biology E-Module in Enhancing Eleventh-Grade Senior High School Students' Scientific Literacy

Efektivitas E-Modul Biologi Interaktif dalam Meningkatkan Literasi Sains Siswa Kelas XI SMA

*Nia Afrilia¹, Christina Ismanati²

¹Magister Teknologi Pendidikan, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

²Departemen Kurikulum dan Teknologi Pendidikan, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

Correspondence Email: niaafrilia.2024@student.uny.ac.id

Article History: Submission: 2026-04-06 || Accepted: 2026-05-23 || Published: 2026-06-10

Sejarah Artikel: Penyerahan: 2026-04-06 || Diterima: 2026-05-23 || Dipublikasi: 2026-06-10

Abstract

Scientific literacy is an essential competency in biology learning, particularly in understanding abstract physiological concepts such as the human excretory system. This study aimed to examine the effectiveness of an interactive biology e-module in improving eleventh-grade students' scientific literacy on the topic of the human excretory system. Scientific literacy was measured through students' ability to explain scientific phenomena, interpret scientific data and evidence, apply scientific concepts in daily life, and construct scientific arguments. The study employed a quantitative approach using a *quasi-experimental* design with a *nonequivalent control group design*. The participants consisted of two eleventh-grade classes at SMA Negeri 2 Yogyakarta, each involving 36 students as the control and experimental groups. The research instrument was a 15-item scientific literacy test that had been validated and demonstrated a Cronbach's Alpha reliability coefficient of 0.859. Data were analyzed using descriptive statistics, normality tests, homogeneity tests, *independent samples t-tests*, and *N-Gain* analysis. The findings revealed that the experimental group achieved higher learning improvement than the control group, with an *N-Gain* score of 0.78 categorized as high, while the control group obtained 0.69 categorized as moderate. The posttest results showed a significant difference between the two groups with a *p-value* of 0.006. These findings indicate that the interactive biology e-module is effective in improving students' scientific literacy on the human excretory system topic.

Keywords: *Scientific literacy, Interactive e-module, Human excretory system, Biology, Quasi-experimental.*

Abstrak

Literasi sains merupakan kompetensi penting dalam pembelajaran biologi, terutama dalam memahami konsep fisiologis yang bersifat abstrak seperti sistem ekskresi manusia. Penelitian ini bertujuan menguji efektivitas e-modul biologi interaktif dalam meningkatkan literasi sains siswa kelas XI SMA pada materi sistem ekskresi manusia. Literasi sains diukur melalui kemampuan menjelaskan fenomena ilmiah, menginterpretasikan data dan bukti ilmiah, mengaplikasikan konsep sains dalam kehidupan sehari-hari, serta menyusun argumen ilmiah. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *quasi experimental* tipe *nonequivalent control group design*. Subjek penelitian terdiri atas dua kelas XI di SMA Negeri 2 Yogyakarta, masing-masing berjumlah 36 siswa sebagai kelas kontrol dan kelas eksperimen. Instrumen penelitian berupa tes literasi sains sebanyak 15 butir soal yang telah divalidasi dan memiliki reliabilitas Cronbach's Alpha sebesar 0,859. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif, uji normalitas, uji homogenitas, *independent samples t-test*, dan *N-Gain*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelas eksperimen memperoleh peningkatan hasil belajar lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol, dengan nilai *N-Gain* sebesar 0,78 pada kategori tinggi, sedangkan kelas kontrol sebesar 0,69 pada kategori sedang. Hasil *posttest* menunjukkan perbedaan signifikan antara kedua kelompok dengan nilai *p* = 0,006. Temuan ini menunjukkan bahwa e-modul biologi interaktif efektif dalam meningkatkan literasi sains siswa pada materi sistem ekskresi manusia.

Kata kunci: *Literasi sains, E-modul interaktif, Sistem ekskresi manusia, Biologi, Quasi experimental.*

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) pada era digital telah membawa transformasi signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam bidang pendidikan. Pembelajaran di sekolah saat ini dituntut untuk tidak hanya berorientasi pada transfer pengetahuan,

tetapi juga pada pengembangan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif. Dalam konteks tersebut, integrasi teknologi digital dalam proses pembelajaran menjadi suatu kebutuhan yang tidak dapat dihindari. Khususnya dalam pembelajaran Biologi di tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA), pemanfaatan teknologi diharapkan mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif, kontekstual, dan bermakna bagi peserta didik. Salah satu bentuk integrasi teknologi dalam pembelajaran adalah penggunaan bahan ajar digital, seperti e-modul, yang memungkinkan siswa belajar secara mandiri, fleksibel, dan terarah.

Pembelajaran Biologi tidak hanya menekankan pada penguasaan konsep, tetapi juga pada pengembangan kompetensi literasi sains. Literasi sains merupakan kemampuan individu dalam memahami konsep ilmiah, menjelaskan fenomena secara ilmiah, menginterpretasikan data dan bukti, serta menerapkan pengetahuan sains dalam kehidupan sehari-hari (Abbas et al., 2023; Muliastri, 2025). Kompetensi ini menjadi sangat penting karena berperan dalam membentuk peserta didik yang mampu berpikir logis, kritis, dan berbasis bukti dalam menghadapi berbagai permasalahan di kehidupan nyata. Dengan demikian, pembelajaran Biologi seharusnya dirancang tidak hanya untuk meningkatkan pengetahuan faktual, tetapi juga untuk mengembangkan kemampuan berpikir ilmiah secara komprehensif. Namun demikian, capaian literasi sains siswa di Indonesia masih tergolong rendah. Berdasarkan hasil Programme for International Student Assessment (PISA) tahun 2022, skor literasi sains Indonesia berada pada angka 383, yang masih berada di bawah rata-rata negara Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (OECD, 2023). Data tersebut menunjukkan bahwa kemampuan siswa dalam memahami, menafsirkan, dan menggunakan pengetahuan ilmiah masih belum optimal. Permasalahan ini mengindikasikan adanya kesenjangan antara tujuan pembelajaran sains yang diharapkan dengan praktik pembelajaran yang terjadi di lapangan.

Rendahnya literasi sains siswa dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah penggunaan media pembelajaran yang masih didominasi oleh bahan ajar konvensional. Pembelajaran yang mengandalkan buku teks, Lembar Kerja Siswa (LKS), serta presentasi PowerPoint yang bersifat statis cenderung kurang mampu memfasilitasi pemahaman konsep yang mendalam, terutama pada materi Biologi yang bersifat abstrak dan kompleks. Selain itu, proses pembelajaran yang masih berorientasi pada hafalan menyebabkan siswa kurang terbiasa dalam mengembangkan keterampilan berpikir ilmiah, seperti menganalisis data, menginterpretasikan informasi, dan mengaitkan konsep dengan fenomena kontekstual (Hasanah et al., 2024; Setianingrum et al., 2025).

Permasalahan tersebut semakin terlihat pada materi sistem ekskresi manusia, yang menuntut pemahaman terhadap proses fisiologis yang tidak dapat diamati secara langsung. Keterbatasan media pembelajaran dalam memvisualisasikan proses tersebut menyebabkan siswa mengalami kesulitan dalam memahami hubungan antar konsep serta mengaitkannya dengan kehidupan sehari-hari (Yulianti et al., 2023). Akibatnya, kemampuan siswa dalam menjelaskan fenomena biologis, menginterpretasikan data ilmiah, dan memecahkan masalah berbasis sains masih belum berkembang secara optimal.

Hasil observasi awal yang dilakukan di SMA Negeri 2 Yogyakarta menunjukkan bahwa meskipun guru telah memanfaatkan media pembelajaran seperti video dan presentasi, pembelajaran masih belum sepenuhnya mampu meningkatkan pemahaman konseptual dan literasi sains siswa. Siswa cenderung mengalami kesulitan dalam menjelaskan keterkaitan antar konsep biologis, menginterpretasikan data, serta mengaitkan materi dengan permasalahan kontekstual. Selain itu, hasil evaluasi awal menunjukkan bahwa sebagian besar siswa masih mengalami kesulitan dalam menyelesaikan soal-soal berbasis analisis dan interpretasi data ilmiah. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran yang berlangsung masih berfokus pada aspek kognitif tingkat rendah dan belum secara optimal mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan inovasi dalam penggunaan bahan ajar yang mampu mendukung pembelajaran yang lebih interaktif, kontekstual, dan berpusat pada siswa. Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah e-modul Biologi interaktif. E-modul interaktif memiliki keunggulan dalam mengintegrasikan berbagai elemen multimedia, seperti teks, gambar, animasi, video, serta latihan interaktif, sehingga dapat membantu memvisualisasikan konsep abstrak dan meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Selain itu, e-modul memungkinkan

siswa untuk belajar secara mandiri sesuai dengan kecepatan masing-masing, serta memberikan umpan balik secara langsung melalui evaluasi mandiri. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan media digital interaktif dapat meningkatkan pemahaman konsep, motivasi belajar, serta hasil belajar siswa (Maisarah & Prasetya, 2023; Rizkyanti et al., 2024; Humairah et al., 2024).

Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa e-modul dan media digital interaktif dapat meningkatkan hasil belajar siswa, kajian yang secara khusus menguji efektivitas e-modul Biologi interaktif terhadap literasi sains masih perlu diperkuat. Banyak penelitian sebelumnya lebih menekankan pada peningkatan hasil belajar kognitif atau pemahaman konsep secara umum, sedangkan literasi sains memiliki cakupan yang lebih luas karena melibatkan kemampuan menjelaskan fenomena ilmiah, menafsirkan data, menerapkan konsep, dan membangun argumen berbasis bukti. Pada materi sistem ekskresi manusia, kemampuan tersebut penting karena siswa tidak hanya dituntut memahami fungsi organ, tetapi juga mampu mengaitkan proses ekskresi dengan kondisi kesehatan, pola hidup, dan data ilmiah sederhana (Setianingrum et al., 2025). Oleh karena itu, penelitian ini memiliki posisi penting dalam menguji efektivitas e-modul Biologi interaktif pada indikator literasi sains yang lebih spesifik, bukan hanya pada capaian hasil belajar umum.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penggunaan e-modul Biologi interaktif dalam meningkatkan literasi sains siswa kelas XI SMA pada materi sistem ekskresi manusia. Literasi sains dalam penelitian ini difokuskan pada empat indikator, yaitu kemampuan menjelaskan fenomena ilmiah, menginterpretasikan data dan bukti ilmiah, mengaplikasikan konsep sains dalam kehidupan sehari-hari, serta menyusun argumen ilmiah. Penelitian ini juga mempertimbangkan kemampuan awal siswa melalui pretest karena hasil awal menunjukkan adanya perbedaan kemampuan antara kelas kontrol dan kelas eksperimen. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan bahan ajar digital yang lebih interaktif, kontekstual, dan relevan untuk mendukung peningkatan literasi sains siswa dalam pembelajaran Biologi di SMA.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian kuasi eksperimen untuk menganalisis efektivitas penggunaan e-modul biologi interaktif terhadap peningkatan literasi sains siswa kelas XI SMA. Desain kuasi eksperimen dipilih karena peneliti tidak melakukan pengacakan subjek secara penuh, mengingat pembagian kelas telah ditetapkan oleh sekolah. Rancangan penelitian yang digunakan adalah nonequivalent control group design, yang melibatkan dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Kedua kelompok diberikan pre-test dan post-test untuk mengukur perubahan kemampuan literasi sains sebelum dan sesudah perlakuan. Rancangan penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Research Design

Class	Test	Treatment	Test
Experimental Class	O1	X1	O2
Control Class	O1	X2	O2

Information: X1 = Learning using interactive biology e-module, X2 = Learning using conventional teaching materials (LKPD), O1 = Pre-test of students' scientific literacy, O2 = Post-test of students' scientific literacy.

Kelompok eksperimen memperoleh pembelajaran menggunakan e-modul biologi interaktif pada materi sistem ekskresi manusia, sedangkan kelompok kontrol mengikuti pembelajaran menggunakan bahan ajar konvensional berupa Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dan penjelasan guru. Tahapan penelitian diawali dengan pemberian pre-test kepada kedua kelompok untuk mengetahui kemampuan awal literasi sains siswa. Selanjutnya, proses pembelajaran dilaksanakan sesuai perlakuan masing-masing kelompok selama beberapa pertemuan, kemudian diakhiri dengan pemberian post-test untuk mengukur peningkatan kemampuan literasi sains siswa. Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 2 Yogyakarta. Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas XI. Sampel ditentukan menggunakan teknik purposive sampling dengan mempertimbangkan kesetaraan kemampuan akademik dan kesesuaian materi pembelajaran. Berdasarkan kriteria tersebut,

diperoleh dua kelas sebagai sampel penelitian, yaitu kelas XI AJ6 sebagai kelompok eksperimen dan kelas XI AJ5 sebagai kelompok kontrol, dengan jumlah masing-masing 36 siswa sehingga total sampel penelitian sebanyak 72 siswa.

Instrumen penelitian terdiri atas instrumen tes dan non-tes. Instrumen tes berupa soal literasi sains yang disusun berdasarkan indikator literasi sains, meliputi kemampuan menjelaskan fenomena ilmiah, menginterpretasikan data dan bukti ilmiah, menerapkan konsep sains dalam konteks kehidupan sehari-hari, serta menyusun argumen ilmiah. Kisi-kisi instrumen tes literasi sains disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kisi-kisi Tes Literasi Sains Pretest dan Posttest

Indikator Literasi Sains	Materi	Bentuk Soal	Item Number
Mengidentifikasi konsep ilmiah	Fungsi organ, proses pembentukan urin, zat yang diekskresikan kulit	PG	1, 2, 6, 9, 12
Menginterpretasi data dan bukti ilmiah	Aktivitas pada ekskresi kulit, hubungan volume air dengan warna urin, analisis hasil tes urin, gejala biang keringat	PG	3, 5, 8, 13
Mengaplikasikan konsep ilmiah dalam kehidupan	Fungsi hati, gangguan ginjal, peran ginjal, ekskresi CO ₂	PG	4, 7, 11, 15
Menyusun argumen ilmiah berdasarkan prinsip sains	Pencegahan batu ginjal, dampak kerusakan hati	PG	10, 14

Soal tes disusun dalam bentuk pilihan ganda sebanyak 15 butir. Setiap jawaban benar diberi skor 1 dan jawaban salah diberi skor 0. Instrumen telah melalui uji validitas isi oleh ahli materi dan ahli evaluasi pembelajaran. Reliabilitas instrumen diuji menggunakan koefisien Cronbach's Alpha. Instrumen non-tes berupa lembar observasi digunakan untuk memantau keterlaksanaan pembelajaran pada kedua kelompok selama proses penelitian berlangsung. Pengumpulan data dilakukan melalui tes dan observasi. Tes diberikan dalam bentuk pre-test dan post-test pada kelompok eksperimen maupun kelompok kontrol untuk memperoleh data kemampuan literasi sains siswa sebelum dan sesudah perlakuan. Observasi dilakukan selama proses pembelajaran untuk memastikan bahwa pelaksanaan pembelajaran berlangsung sesuai skenario yang telah dirancang.

Analisis data dilakukan menggunakan statistik deskriptif dan inferensial. Statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan nilai rata-rata, standar deviasi, nilai minimum, dan maksimum hasil pre-test serta post-test. Peningkatan kemampuan literasi sains dianalisis menggunakan rumus *normalized gain* (N-gain) untuk mengetahui kategori peningkatan hasil belajar siswa. Sebelum uji hipotesis dilakukan, data terlebih dahulu diuji prasyarat melalui uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk dan uji homogenitas menggunakan Levene's Test. Jika data memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas, maka analisis dilanjutkan menggunakan *independent samples t-test* pada taraf signifikansi 0,05 untuk mengetahui perbedaan kemampuan literasi sains antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Seluruh analisis data dilakukan dengan bantuan perangkat lunak statistik JASP.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Deskripsi data hasil belajar siswa dilakukan untuk mengetahui gambaran umum mengenai kemampuan literasi sains sebelum perlakuan (pretest) dan sesudah perlakuan (posttest) siswa pada kelas kontrol dan kelas eksperimen. Penelitian ini dilakukan di SMA Negeri 2 Yogyakarta dengan melibatkan dua kelas XI, yaitu kelas XI AJ5 sebagai kelas kontrol dan XI AJ6 sebagai kelas eksperimen, masing-masing berjumlah 36 siswa.

Berdasarkan hasil analisis statistik deskriptif, diperoleh bahwa rata-rata nilai pretest pada kelas kontrol sebesar 43.45, sedangkan rata-rata nilai posttest sebesar 82.54. Sementara itu, pada kelas eksperimen diperoleh rata-rata nilai pretest sebesar 48.75 dan rata-rata nilai posttest sebesar 89.58. Selain nilai rata-rata, statistik deskriptif juga mencakup standar deviasi, nilai minimum, dan nilai maksimum sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Statistik Deskriptif Hasil Pre-test dan Post-test Kemampuan Literasi Sains

Kelas	Tes	Mean	SD	Minimum	Maximum
Kontrol	Pre-test	43.45	7.95	20	76
	Post-test	82.54	5.82	73	100
Eksperimen	Pre-test	48.75	8.18	33	60
	Post-test	89.58	6.16	73	100

Hasil statistik deskriptif menunjukkan bahwa kedua kelas mengalami peningkatan hasil belajar setelah proses pembelajaran. Namun demikian, peningkatan rata-rata nilai pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan e-modul biologi interaktif memberikan kontribusi yang lebih optimal terhadap peningkatan kemampuan literasi sains siswa. Selain itu, nilai standar deviasi memberikan gambaran mengenai sebaran data hasil belajar siswa dalam masing-masing kelompok. Semakin kecil standar deviasi menunjukkan bahwa nilai siswa cenderung homogen, sedangkan nilai minimum dan maksimum menunjukkan rentang capaian hasil belajar siswa.

Sebelum instrumen digunakan dalam penelitian, dilakukan uji reliabilitas untuk mengetahui konsistensi internal instrumen tes kemampuan literasi sains. Uji reliabilitas dilakukan menggunakan koefisien Cronbach's Alpha melalui software JASP. Hasil Uji Reliabilitas disajikan berikut ini.

Tabel 4. Hasil Uji Reliabilitas Instrumen

Coefficient α	Interpretasi
0.859	Reliabilitas tinggi

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,859. Nilai tersebut berada pada kategori reliabilitas tinggi, sehingga instrumen dinyatakan layak digunakan dalam penelitian. Nilai koefisien reliabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa butir-butir soal memiliki konsistensi internal yang baik dalam mengukur kemampuan literasi sains siswa. Sebelum dilakukan uji hipotesis, terlebih dahulu dilakukan uji prasyarat yang meliputi uji normalitas dan uji homogenitas. Uji ini bertujuan untuk memastikan bahwa data memenuhi asumsi statistik parametrik sehingga layak untuk dianalisis menggunakan uji independent samples t-test. Hasil uji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk disajikan pada tabel berikut.

Tabel 5. Hasil Uji normalitas (*Shapiro-Wilk*)

Residuals	W	p
Pre_LS	0.967	0.058
Post_LS	0.968	0.063

Berdasarkan tabel di atas, nilai signifikansi untuk data pretest sebesar 0,058 dan posttest sebesar 0,063, yang keduanya lebih besar dari 0,05. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal. Kondisi ini menunjukkan bahwa data hasil belajar siswa tidak mengalami penyimpangan yang signifikan dari distribusi normal, sehingga memenuhi asumsi untuk analisis statistik parametrik. Hasil uji homogenitas menggunakan uji Levene disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 6. Hasil Uji homogenitas (*Levene's Test*)

Variabel	F	df ₁	df ₂	p
Pre_LS	0.444	1	70	0.507
Post_LS	0.014	1	70	0.907

Berdasarkan Tabel 6, nilai signifikansi pada pretest sebesar 0,507 dan posttest sebesar 0,907, yang keduanya lebih besar dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa varians kedua kelompok adalah homogen. Setelah asumsi terpenuhi, selanjutnya dilakukan uji hipotesis menggunakan independent samples t-test untuk mengetahui perbedaan kemampuan literasi sains antara kelas kontrol dan kelas eksperimen. Hasil uji disajikan pada table di bawah ini.

Tabel 7. Hasil Independent samples t-test

Variabel	t	df	p
Pre_LS	2.278	70	0.026
Post_LS	2.854	70	0.006

Berdasarkan tabel di atas, nilai signifikansi pada pretest sebesar 0,026 ($p < 0,05$), yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kemampuan awal antara kelas kontrol dan kelas eksperimen. Sementara nilai signifikansi pada posttest sebesar 0,006 ($p < 0,05$), yang menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok setelah perlakuan diberikan. Perbedaan signifikan pada post-test menunjukkan bahwa kelas eksperimen memperoleh capaian akhir yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Untuk mengetahui tingkat peningkatan kemampuan literasi sains siswa, dilakukan analisis menggunakan N-Gain. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung N-Gain dan hasil perhitungan N-Gain disajikan pada Tabel 8.

$$N - Gain = \frac{S_{posttest} - S_{pretest}}{S_{maks} - S_{posttest}}$$

Tabel 8. Hasil Analisis N-Gain Kemampuan literasi sains siswa

Class	Rerata Pretest	Rerata Posttest	N-Gain	Kategori
Control Class	43.45	82.54	0.69	Sedang
Eksperimental Class	48.75	89.58	0.78	Tinggi

Berdasarkan Tabel, bahwa rata-rata N-Gain pada kelas kontrol sebesar 0.69 yang termasuk dalam kategori sedang. Sementara itu, kelas eksperimen memperoleh rata-rata N-Gain sebesar 0.78 yang juga berada pada kategori tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan literasi sains pada kelas eksperimen lebih optimal dibandingkan kelas kontrol.

B. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan e-modul biologi interaktif memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan literasi sains siswa kelas XI SMA. Hal ini terlihat dari rata-rata nilai post-test kelas eksperimen yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol, serta hasil uji independent samples t-test yang menunjukkan perbedaan signifikan pada post-test. Selain itu, analisis N-Gain menunjukkan bahwa kelas eksperimen memperoleh peningkatan dalam kategori tinggi, sedangkan kelas kontrol berada pada kategori sedang. Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan e-modul interaktif berkaitan dengan capaian literasi sains yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan bahan ajar konvensional. Dalam konteks literasi sains, peningkatan tersebut menunjukkan bahwa siswa tidak hanya mengalami perkembangan pada aspek penguasaan konsep, tetapi juga pada kemampuan memahami fenomena ilmiah, menginterpretasikan informasi berbasis bukti, serta mengaitkan konsep biologi dengan situasi kehidupan nyata (OECD, 2019).

Secara pedagogis, efektivitas e-modul biologi interaktif dapat dijelaskan melalui karakteristik media yang memungkinkan integrasi berbagai unsur multimedia, seperti teks, gambar, animasi, video, dan latihan interaktif. Penyajian materi melalui berbagai representasi tersebut membantu siswa memahami konsep-konsep biologi yang bersifat abstrak, terutama materi yang memerlukan visualisasi proses biologis (Nahar et al., 2025). Dalam pembelajaran sains, visualisasi memiliki peran penting karena banyak konsep biologis tidak dapat diamati secara langsung dalam situasi kelas (Wau & Fadilah, 2024). Oleh karena itu, penggunaan e-modul interaktif membantu mengurangi kesulitan konseptual siswa melalui penyajian materi yang lebih konkret dan terstruktur. Temuan ini sejalan dengan Teori Dual Coding yang dikemukakan oleh Allan Paivio menjelaskan bahwa informasi yang diterima melalui jalur verbal dan visual akan lebih mudah diproses dan disimpan dalam memori jangka panjang. Kombinasi teks dan visual dalam e-modul memungkinkan siswa membangun representasi mental yang lebih kuat terhadap materi pembelajaran. Menurut Sweller et al. (2011), penyajian informasi

yang sistematis dan multimodal dapat membantu mengurangi beban kognitif sehingga siswa lebih mudah memproses materi yang kompleks.

Dari sisi proses belajar, e-modul interaktif juga mendorong keterlibatan aktif siswa melalui fitur latihan, kuis, dan umpan balik langsung (Basri et al., 2026). Aktivitas ini memungkinkan siswa melakukan refleksi terhadap jawaban yang diberikan serta memperbaiki kesalahan secara mandiri. Kondisi tersebut mendukung pembelajaran berbasis literasi sains karena siswa terlibat dalam proses berpikir analitis, evaluatif, dan pemecahan masalah. Dalam pembelajaran biologi, keterlibatan ini sangat penting karena literasi sains tidak hanya berkaitan dengan mengingat konsep, tetapi juga kemampuan menggunakan pengetahuan secara fungsional. Selain mendukung keterlibatan aktif, penggunaan e-modul interaktif juga memperkuat pendekatan konstruktivistik dalam pembelajaran (Rahmawati et al., 2025). Melalui navigasi mandiri, siswa memiliki kesempatan untuk mengeksplorasi materi sesuai kebutuhan belajar masing-masing. Kondisi ini memungkinkan siswa membangun pengetahuan melalui pengalaman belajar yang lebih personal. Dalam perspektif konstruktivisme, pengetahuan tidak ditransfer secara langsung dari guru kepada siswa, tetapi dibentuk melalui interaksi aktif antara siswa dengan sumber belajar (Vygotsky, 1978).

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa media digital interaktif berkontribusi terhadap penguatan literasi sains karena materi disajikan dalam konteks yang lebih dekat dengan kehidupan sehari-hari. Kontekstualisasi materi memungkinkan siswa memahami relevansi konsep biologi terhadap fenomena nyata. Literasi sains pada dasarnya menuntut kemampuan menerapkan pengetahuan ilmiah dalam pengambilan keputusan, sehingga pembelajaran yang bersifat kontekstual menjadi sangat penting dalam pengembangan kompetensi tersebut (Bella et al., 2025). Penelitian Martini et al. (2025) juga menunjukkan bahwa e-modul berbasis multimedia interaktif efektif meningkatkan literasi sains karena memberikan representasi konsep yang lebih beragam. Penelitian Nasution et al. (2025) juga menemukan bahwa bahan ajar digital interaktif meningkatkan kemampuan memahami konsep ilmiah dan keterampilan berpikir analitis siswa. Hasil serupa dilaporkan oleh Herwandi et al. (2024) yang menyatakan bahwa media interaktif membantu siswa dalam menafsirkan data dan menjelaskan fenomena ilmiah secara lebih sistematis.

Selain itu, penelitian Muslimah et al. (2025) dan Ningsih et al. (2025) menegaskan bahwa penggunaan multimedia interaktif meningkatkan keterlibatan kognitif siswa selama pembelajaran sains. Penelitian oleh Wulandari & Qomariyah (2025); Frastriwi & Mintohari (2025); serta Zainuri et al. (2025) juga menunjukkan bahwa e-modul interaktif efektif dalam meningkatkan nilai N-Gain, pemahaman konsep, dan kemampuan berpikir kritis siswa. Temuan ini menunjukkan bahwa efektivitas e-modul tidak hanya berkaitan dengan penyampaian materi, tetapi juga dengan bagaimana media tersebut mengaktifkan proses berpikir siswa selama belajar. Dari perspektif praktis, e-modul biologi interaktif dapat menjadi alternatif bahan ajar yang relevan untuk mendukung pembelajaran biologi di tingkat SMA. Media ini memberikan fleksibilitas bagi siswa untuk belajar secara mandiri, mengulang materi sesuai kebutuhan, dan menyesuaikan kecepatan belajar masing-masing. Karakteristik tersebut penting dalam mendukung pembelajaran abad ke-21 yang menekankan kemandirian belajar, pemecahan masalah, dan kemampuan berpikir kritis (Djoeaeriah & Hendra, 2023). Namun demikian, implementasi e-modul interaktif juga dipengaruhi oleh beberapa faktor pendukung, seperti ketersediaan perangkat digital, stabilitas akses teknologi, serta kesiapan guru dalam mengintegrasikan media digital ke dalam pembelajaran (Fajriatin et al., 2025). Tanpa dukungan infrastruktur dan kompetensi pedagogis yang memadai, efektivitas media digital dapat berkurang dalam praktik kelas. Oleh karena itu, penggunaan e-modul perlu disertai dengan strategi implementasi yang sesuai dengan kondisi sekolah.

Penelitian ini juga sejalan dengan temuan Paling & Suparyono (2024); Atmojo & Wardana (2025); serta Asih et al. (2026) yang menunjukkan bahwa integrasi teknologi dalam pembelajaran sains mampu meningkatkan literasi sains, kemandirian belajar, dan kesiapan siswa menghadapi tantangan global. Dengan demikian, pemanfaatan e-modul biologi interaktif tidak hanya berdampak pada peningkatan hasil belajar, tetapi juga berkontribusi terhadap pengembangan kompetensi siswa secara holistik. e-modul biologi interaktif merupakan media

pembelajaran yang efektif dalam meningkatkan literasi sains siswa. Efektivitas tersebut dipengaruhi oleh kemampuan media dalam menyajikan konsep secara visual, interaktif, kontekstual, dan mendukung keterlibatan aktif siswa selama proses belajar. Dengan demikian, e-modul interaktif dapat menjadi salah satu inovasi pembelajaran yang relevan dalam penguatan literasi sains pada pendidikan menengah.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan e-modul biologi interaktif terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan literasi sains siswa kelas XI SMA. Hal ini ditunjukkan oleh rata-rata nilai posttest kelas eksperimen yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol, serta hasil *independent samples t-test* yang menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara kedua kelompok setelah perlakuan diberikan. Analisis N-Gain juga menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan literasi sains pada kelas eksperimen berada pada kategori tinggi, sedangkan kelas kontrol berada pada kategori sedang. Dengan demikian, *e-modul* biologi interaktif dapat menjadi alternatif media pembelajaran yang mendukung penguatan literasi sains melalui penyajian materi yang visual, interaktif, dan kontekstual. Penggunaan e-modul interaktif memberikan kontribusi praktis dalam pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi di tingkat SMA serta berpotensi untuk dikembangkan pada materi biologi lainnya.

DAFTAR RUJUKAN

- Abbas, S. F., Nurani, Madjid, M., & Bahri, A. (2023). Upaya peningkatan literasi sains siswa pada pembelajaran IPA melalui model pembelajaran inkuiri di SMP Negeri 2 Majene. *Prosiding Seminar Nasioal Biologi FMIPA UNM*, 355–367.
- Asih, T. U. S., Rohman, A. D., Prasetya, U. A., & Mahmudah, U. (2026). Transformasi Pembelajaran IPAS di Era Digital Melalui Pendekatan Deep Learning untuk Meningkatkan Literasi Sains dan Kemandirian Belajar Siswa. *Learning: Jurnal Inovasi Penelitian Pendidikan Dan Pembelajaran*, 6(1), 502–514.
- Atmojo, S. E., & Wardana, A. K. (2025). Pemanfaatan Teknologi Digital Sebagai Strategi Efektif Meningkatkan Literasi Sains di Sekolah Dasar. *Jayapangus Press Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 8(3), 167–175. <https://jayapanguspress.penerbit.org/index.php/cetta>
- Basri, F. A., Hanifah, T. N., Anzani, Y. A., Rizal, R., & Agustian, D. (2026). Implementasi E-Modul Berbasis Nearpod pada Materi Fluida Dinamis untuk Meningkatkan Keterampilan Pemecahan Masalah dan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 16(1), 91–101. <https://doi.org/10.37630/jpm.v16i1.3750>
- Bella, A. N., Sari, D. P., Megawati, Tarigan, N., & Andriyani, M. (2025). Penerapan Literasi Sains Pada Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar. *JURNAL MUDABBIR (Journal Research and Education Studies)*, 5(1), 4291–4301. <https://doi.org/https://doi.org/10.56832/mudabbir.v5i2.2192>
- Djoeaeriah, D., & Hendra, A. (2023). Pengembangan Kompetensi Sumber Daya Manusia Melalui Pendidikan Berbasis Keterampilan Abad 21. *Shibyan: Jurnal Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah*, 1(2), 101–113. <https://doi.org/http://ojs.uninus.ac.id/index.php/JURSHIBYAN/index>
- Fajriatin, K., Zaki, A., Wingkolatin, & Handayani, N. F. (2025). Implementasi Media Pembelajaran Berbasis Digital pada Pendidikan Pancasila Kelas IX di SMP Muhammadiyah 2 Kalasan. *IJoEd: Indonesian Journal on Education*, 2(1), 130–135. <https://doi.org/https://doi.org/10.70437/ijoed.v2i1.231>
- Frastriwi, D. W. C., & Mintohari. (2025). Pengembangan E-Modul IPAS Berbasis AR dan Discovery Learning untuk Berpikir Kritis Siswa SD. *JPPGSD: Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 13(4), 1074–1088.

- Hasanah, R., Kartinah, Dwijayanti, I., & Devega, L. S. (2024). Efektivitas Model Pembelajaran PjBL Berdiferensiasi terhadap Kemampuan Literasi Sains Aspek Kompetensi Sekolah Dasar Kelas V. *Ainara Journal (Jurnal Penelitian Dan PKM Bidang Ilmu Pendidikan)*, (4), 512–518. <https://doi.org/https://doi.org/10.54371/ainj.v5i4.648>
- Herwandi, Lukman, & MS, P. (2024). Penggunaan e-modul interaktif dalam meningkatkan kemampuan literasi siswa. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 4(2), 101–106.
- Humairah, L. P., Wahyuni, S., Nuha, U., & Wahyuni, D. (2024). Pengembangan e-modul IPA berbasis flipbook digital Untuk meningkatkan literasi sains siswa. *Scholaria: Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 14(1), 26–34.
- Maisarah, & Prasetya, C. (2023). Pengaruh Media Digital Terhadap Keterampilan Proses Sains dan Bernalar Kritis di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 7(5), 3118–3130. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v7i5.6097>
- Martini, N. K., Agustini, K., & Suartama, I. K. (2025). Systematic literatur review: Peran e-modul interaktif untuk membangun literasi siswa. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, 14(3). <https://jurnaldidaktika.org>
- Muliasrini, N. K. E. (2025). Pengembangan strategi pembelajaran berbasis karakter untuk meningkatkan literasi sains siswa sekolah dasar. *Jurnal Citra Pendidikan Anak*, 4(1), 1–14. <https://doi.org/10.38048/jcpa.v4i1.5143>
- Muslimah, H., Istiningsih, S., Saputra, H. H., & Erfan, M. (2025). Pengaruh Media Pembelajaran Berbasis Multimedia Interaktif terhadap Hasil Belajar Kognitif IPA Siswa Kelas V SD. *SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(2), 857–865. <https://jurnalp4i.com/index.php/science>
- Nahar, W. N., Rahmadaniati, W., Indah, I., Hanisyah, R., Cahyani, H., Aina, S., Aina, M., Natalia, D., Yusuf, M., & Putri, H. M. (2025). Analisis Kesulitan Siswa SMA dalam Memanfaatkan Media Pembelajaran Visual pada Konsep Biologi. *Journal Education and Technology*, (2), 465–475. <https://doi.org/https://doi.org/10.31932/jutech.v6i2.5830>
- Nasution, E. N., Juliani, S., Yuliana, S., Pane, K., & Rahayu, R. (2025). Pengaruh Penggunaan Media Digital Interaktif terhadap Hasil Belajar Siswa di Era Teknologi Modern. *Jurnal Penelitian Ilmiah Interdisipliner*, 9(11), 324–331.
- Ningsih, I. A. A., Susilowati, D., & Madani, M. (2025). Pengembangan Multimedia Pembelajaran Interaktif Berbasis Desktop untuk Mata Pelajaran IPA Sekolah Dasar. *UPGRADE: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 3(1), 11–21. <https://doi.org/10.30812/upgrade.v3i1.5153>
- Nurwahidah. (2023). Upaya Meningkatkan Aktivitas Belajar, Keterampilan Berpikir Kritis, dan Pemahaman Konsep Biologi Siswa melalui Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Masalah. *Ainara Journal (Jurnal Penelitian Dan PKM Bidang Ilmu Pendidikan)*, 4(1), 11–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.54371/ainj.v4i1.232>
- Paling, S., & Suparyono, E. I. (2024). Pemanfaatan Teknologi Pembelajaran Berbasis Digital dalam Meningkatkan Literasi Sains Siswa Sekolah Dasar. *PEDAGOG Jurnal Ilmiah*, 2(2), 52–61.
- Rahmawati, L., Bachri, B. S., & Maureen, I. Y. (2025). Kajian Literatur: Pengaruh E-Modul Interaktif Terhadap Motivasi Siswa dalam Pembelajaran. *Paedagogie*, 20(2), 47–58. <https://doi.org/10.31603/paedagogie.v20i2.14025>
- Rizkyanti, E., Supriana, E., & Latifah, E. (2024). The Effect of E-Modules with Scaffolding on Students' Problem Solving Ability in Static Fluid Material Pengaruh E-Modul dengan Scaffolding terhadap

- Kemampuan Pemecahan Masalah Peserta Didik pada Materi Fluida Statis. *Science Education Journal (SEJ)*, 8(2), 201–208. <https://doi.org/10.21070/sej.v%vi%i.1672>
- Rosmiati, R., Umar, U., & Fahlia, F. (2023). Analisis Efektivitas Gerakan Literasi Sekolah melalui Inovasi Media Pohon Literasi untuk meningkatkan Minat Baca Siswa. *Ainara Journal (Jurnal Penelitian Dan PKM Bidang Ilmu Pendidikan)*, 4(3), 164–171. <https://doi.org/10.54371/ainj.v4i3.305>
- Sakinah, N., Hambali, H., & Thahir, R. (2025). Pengembangan e-modul berbasis flipbook pada materi sistem ekskresi kelas XI. *Didaktik: Jurnal Ilmiah PGSD STKIP Subang*, 11(3), 327–338.
- Setianingrum, D., Vlorensius, & Adhani, A. (2025). Analisis kemampuan literasi sains padasiswa kelas X MIPA di SMA Negeri 1 Malinau. *Biopedagogia*, 7(1), 84–100.
- Situmorang, S. P., Arnyana, I. B. P., & Adnyana, P. B. (2025). Pengembangan e-modul berbasis problem based learning (PBL) berbantuan exe-learning pada materi sistem ekskresi manusia untuk siswa kelas XI. *Wahana Matematika Dan Sains: Jurnal Matematika, Sains, Dan Pembelajarannya*, 19(2), 25–37.
- Waruwu, S. Y., Zalukhu, I. F. N., Zalukhu, Y., & Harefa, H. O. N. (2025). Peran Kepemimpinan Kepala Sekolah dalam Meningkatkan Kualitas Pembelajaran di Sekolah. *Ainara Journal (Jurnal Penelitian Dan PKM Bidang Ilmu Pendidikan)*, 6(2), 293–301. <https://doi.org/10.54371/ainj.v6i2.841>
- Wau, A., & Fadilah, M. (2024). Literatur Review : Analisis Kemampuan Literasi Visual Peserta Didik Pada Pembelajaran Biologi di Sekolah. *Biosfer, J.Bio. & Pend.Bio*, 9(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.23969/biosfer.v9i1.15243>
- Wulandari, L., & Qomariyah, N. (2025). Validitas modul elektronik interaktif berbasis studi kasus materi sistem ekskresi untuk melatih higher order thinking skills peserta didik SMA. *Bioedu: Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, 14(1), 75–83. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/bioedu>
- Yulianti, M., Retno, R. S., & Kusumawati, N. (2023). Pengembangan media flipbook digital berbasis literasi sains materi mengubah bentuk energi pada siswa kelas IV SDN 02 Pandean. *Al-Madrasah: Jurnal Pendidikan Madrasah Ibtidaiyah*, 7(3), 1432–1444. <https://doi.org/10.35931/am.v7i3.2559>
- Zainuri, B. N. S., Gunawan, & Kosim. (2025). Pengenalan E-Modul Berbasis PBL Terintegrasi Kearifan Lokal untuk Meningkatkan Literasi dan Keterampilan Proses Siswa di SMPN 15 Mataram. *IJECS: Indonesian Journal of Education and Community Services*, 5(1), 48–53.