

PENGEMBANGAN E-MODUL BIOLOGI TERINTEGRASI AL-QUR'AN UNTUK MENINGKATKAN BERPIKIR KRITIS SISWA

Rima Anggraini¹, Syarifah Widya Ulfa²
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara^{1,2}
rima.anggraini2003@gmail.com¹

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan e-modul pembelajaran Biologi berbasis literasi sains yang terintegrasi ayat Al-Qur'an pada materi sistem pernapasan manusia guna meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMA. Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development/R&D*) dengan model 4D yang meliputi tahap *Define*, *Design*, *Develop*, dan *Disseminate*. Subjek uji coba melibatkan 25 siswa kelas XI serta tim pakar validator. Instrumen pengumpulan data terdiri atas lembar validasi, angket respons pengguna, dan instrumen tes berupa enam butir soal esai yang mengacu pada indikator berpikir kritis Facione. Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan memperoleh kategori sangat valid dengan persentase kevalidan ahli media sebesar 95,04%, ahli materi sebesar 95,63%, dan ahli integrasi Al-Qur'an sebesar 89,29%. Produk juga memperoleh kategori sangat praktis berdasarkan respons guru sebesar 97,92% dan respons siswa sebesar 91,86%. Selain itu, e-modul terbukti efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dari nilai rata-rata awal 50,44 menjadi 82,92 dengan indeks N-Gain sebesar 0,66 yang termasuk kategori sedang. Dengan demikian, e-modul berbasis literasi sains terintegrasi ayat Al-Qur'an dinyatakan layak, sangat praktis, dan efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa serta memberikan kontribusi positif dalam menyelaraskan ilmu sains dan nilai keimanan.

Kata Kunci: Berpikir Kritis, E-Modul, Integrasi Al-Qur'an, Literasi Sains, Sistem Pernapasan

ABSTRACT

This study aimed to develop a science literacy-based biology e-module integrated with Qur'anic verses on the human respiratory system topic to improve high school students' critical thinking skills. This study used a Research and Development (R&D) method with the 4D model, consisting of Define, Design, Develop, and Disseminate stages. The trial subjects involved 25 eleventh-grade students and a team of expert validators. The data collection instruments consisted of validation sheets, user response questionnaires, and a test instrument comprising six essay questions based on Facione's critical thinking indicators. The results showed that the developed e-module was categorized as highly valid, with validity percentages of 95.04% from media experts, 95.63% from material experts, and 89.29% from

Qur'anic integration experts. The product was also categorized as highly practical based on teacher responses of 97.92% and student responses of 91.86%. Furthermore, the e-module was proven effective in improving students' critical thinking skills, increasing the average score from 50.44 to 82.92, with an N-Gain index of 0.66, which was categorized as moderate. Therefore, the science literacy-based e-module integrated with Qur'anic verses was declared feasible, highly practical, and effective in improving students' critical thinking skills, as well as contributing positively to harmonizing science and faith.

Keywords: *Critical Thinking, E-Module, Integration of the Qur'an, Respiratory System, Science Literacy*

PENDAHULUAN

Pembelajaran abad ke-21 menuntut adanya penguasaan keterampilan utama yang dikenal dengan 4C, yaitu *critical thinking* (berpikir kritis), *creativity* (kreativitas), *collaboration* (kolaborasi), dan *communication* (komunikasi) (Octaviani, 2023). Guru tidak hanya berperan sebagai penyampai informasi, tetapi juga sebagai fasilitator yang mampu merancang pembelajaran inovatif berbasis teknologi. Sementara itu, siswa diharapkan mampu memanfaatkan teknologi secara bijak untuk mendukung proses belajar dan pengembangan kompetensinya (Octaviani, 2023).

Kemajuan sains dan teknologi pada abad ke-21, yang dikenal sebagai era digital, berkembang sangat pesat dan memengaruhi hampir seluruh aspek kehidupan manusia, termasuk bidang pendidikan. Di Indonesia, transformasi tersebut terlihat dari meningkatnya pemanfaatan perangkat elektronik seperti komputer, laptop, proyektor, jaringan internet, serta berbagai platform pembelajaran digital di lingkungan sekolah (Octaviani, 2023). Sekolah-sekolah tidak lagi hanya mengandalkan metode pembelajaran konvensional berbasis buku teks dan ceramah, tetapi mulai mengintegrasikan media pembelajaran digital seperti e-modul, video interaktif, aplikasi pembelajaran, dan *Learning Management System* (LMS). Hal ini menunjukkan adanya pergeseran paradigma pembelajaran dari *teacher-centered learning* menuju *student-centered learning* yang lebih aktif, kreatif, dan kolaboratif (Lubis et al., 2024).

Abad ke-21 ditandai dengan percepatan perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) yang sangat signifikan, terutama dalam bidang digitalisasi, bioteknologi, kecerdasan buatan, dan sistem informasi. Pendidikan pada abad ke-21 tidak lagi berfokus pada hafalan konsep, melainkan pada kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, literasi sains, literasi teknologi, serta kemampuan beradaptasi terhadap perubahan (Kristyowati & Purwanto, 2016). Perkembangan IPTEK menuntut siswa untuk mampu memahami konsep-konsep ilmiah secara mendalam dan mengaitkannya dengan fenomena kehidupan nyata (Kusumawati et al., 2023). Perkembangan global juga mendorong setiap negara, termasuk

Indonesia, untuk meningkatkan kualitas Sumber Daya Manusia (SDM) (Octaviani, 2023). Kemampuan berpikir kritis menjadi salah satu kompetensi utama karena memungkinkan siswa untuk menganalisis informasi, membedakan fakta dan opini, serta menyelesaikan permasalahan secara logis dan sistematis (Kristyowati & Purwanto, 2016).

Di Indonesia, literasi sains dalam pembelajaran IPA sebagian besar masih terbatas pada penggunaan buku ajar atau teks, bukan pada pembelajaran langsung. Stake dan Easley (dalam Aqil, 2018) menyatakan bahwa buku pelajaran digunakan oleh 90% guru sains dan mencakup 90% dari alokasi waktu pembelajaran. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran literasi sains masih cenderung berpusat pada guru dan metode yang digunakan juga tidak jauh dari metode ceramah (Kristyowati & Purwanto, 2016).

Literasi sains menjadi salah satu kompetensi penting yang harus dimiliki siswa pada abad ke-21 (Novianti, 2020). Literasi sains tidak hanya mencakup pemahaman konsep, tetapi juga kemampuan menggunakan pengetahuan ilmiah untuk memecahkan masalah dan mengambil keputusan secara rasional (Fuadi et al., 2020). Materi sistem pernapasan memiliki relevansi dengan ayat-ayat Al-Qur'an yang membahas penciptaan manusia dan proses kehidupan, sehingga integrasi ini diharapkan dapat memperkuat pemahaman konseptual sekaligus pembentukan karakter religius siswa (Sari et al., n.d.).

Integrasi nilai-nilai keislaman dalam e-modul sistem pernapasan ini diwujudkan melalui penyelarasan konsep sains dengan beberapa ayat Al-Qur'an, salah satunya QS. At-Tin ayat 4 serta QS. As-Sajdah ayat 9 sebagai berikut.

لَقَدْ خَلَقْنَا الْإِنْسَانَ فِي أَحْسَنِ تَقْوِيمٍ ﴿٤﴾

“Sungguh, Kami telah menciptakan manusia dalam bentuk yang sebaik-baiknya,”

ثُمَّ سَوَّاهُ وَنَفَخَ فِيهِ مِنْ رُوحِهِ وَجَعَلَ لَكُمُ السَّمْعَ وَالْأَبْصَارَ وَالْأَفْئِدَةَ

“Kemudian Dia menyempurnakannya dan meniupkan roh (ciptaan)-Nya ke dalam (tubuh)-nya.”

Berdasarkan perspektif tafsir ilmiah yang dimuat di dalam modul, keterkaitan organ pernapasan seperti rongga hidung yang memiliki struktur *itqan* (sangat teliti), lengkap dengan rambut hidung (*cilia*) serta mukus untuk menyaring, menghangatkan, dan menjaga kelembapan udara, merupakan manifestasi nyata dari firman Allah mengenai kesempurnaan fisik manusia tersebut (Lubis et al., 2024).

Berdasarkan observasi di SMA Swasta Prima kelas XI, pembelajaran Biologi pada materi sistem pernapasan menghadapi beberapa kendala. Bahan ajar yang digunakan masih terbatas pada buku paket dan LKPD yang belum mengoptimalkan literasi sains dan kemampuan analitis siswa. Selain itu, integrasi nilai-nilai

keislaman serta pemanfaatan fasilitas digital, seperti komputer dan *smartphone*, belum berjalan maksimal. Akibatnya, partisipasi aktif dan kemampuan berpikir kritis siswa dalam memahami materi sistem pernapasan yang bersifat abstrak dan kompleks masih tergolong rendah.

Salah satu solusi alternatif untuk mengatasi masalah tersebut adalah penggunaan e-modul. E-modul merupakan bahan ajar digital yang sistematis dan interaktif sehingga dapat diakses secara mandiri melalui laptop atau *smartphone* (Safarulli & Suryanti, 2025; Jannah et al., 2023). Melalui kombinasi teks, gambar, audio, dan video, e-modul mampu menciptakan lingkungan belajar yang fleksibel sekaligus memperjelas materi yang bersifat abstrak (Hayati et al., 2024; Erdi & Padwa, 2021). E-modul dirancang berbasis literasi sains dan terintegrasi ayat Al-Qur'an untuk mendorong aktivitas ilmiah siswa melalui pendekatan saintifik, seperti praktikum sederhana frekuensi pernapasan (Defi et al., 2025).

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji pengembangan bahan ajar digital. Safarulli dan Suryanti (2025) serta Defi et al. (2025) mengembangkan e-modul interaktif yang valid dan praktis, namun pengukurannya masih berorientasi pada hasil belajar kognitif secara umum dan belum secara spesifik melatih kemampuan berpikir kritis atau *Higher Order Thinking Skills* (HOTS). Lubis et al. (2024) mengembangkan e-modul terintegrasi ayat Al-Qur'an pada materi sistem pencernaan, tetapi efektivitasnya masih mengukur nilai *pretest* dan *posttest* konseptual tanpa menyatukan literasi sains dan berpikir kritis secara mendalam.

Berdasarkan analisis tersebut, ditemukan *research gap* berupa belum adanya e-modul pada materi sistem pernapasan yang secara simultan mengintegrasikan literasi sains, ayat Al-Qur'an, dan indikator berpikir kritis, meliputi analisis, evaluasi, inferensi, dan argumentasi, dalam satu kesatuan digital yang sistematis. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan e-modul Biologi berbasis literasi sains terintegrasi ayat Al-Qur'an yang secara khusus diarahkan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi sistem pernapasan. E-modul ini tidak hanya menyajikan materi secara digital, tetapi juga mengaitkan konsep sains dengan nilai keislaman serta aktivitas berpikir kritis yang relevan dengan kehidupan sehari-hari.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan e-modul pembelajaran Biologi berbasis literasi sains terintegrasi ayat Al-Qur'an pada materi sistem pernapasan untuk siswa kelas XI SMA Swasta Prima, menganalisis kelayakan produk berdasarkan validasi ahli dan respons siswa, serta menguji efektivitasnya dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Melalui inovasi ini, diharapkan tercipta bahan ajar abad ke-21 yang mampu menyelaraskan ilmu dan iman secara harmonis.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan (*Research and Development/R&D*) dengan model pengembangan

4D yang diadaptasi dari Thiagarajan (1974). Metode R&D berfungsi untuk menghasilkan produk tertentu sekaligus menguji keefektifannya. Penelitian ini dilaksanakan di SMA Swasta Prima, Deli Serdang, dengan fokus menghasilkan produk bahan ajar berupa e-modul Biologi berbasis literasi sains terintegrasi ayat Al-Qur'an (Lubis et al., 2024).

Tahapan pengembangan 4D dalam penelitian ini dirancang secara sistematis melalui empat fase (Nainggolan et al., 2025; Zamsiswaya et al., 2024). Tahap pertama adalah *Define* (Pendefinisian). Pada tahap ini dilakukan analisis awal melalui observasi dan wawancara dengan guru Biologi untuk mengidentifikasi masalah keterbatasan bahan ajar, karakteristik siswa, analisis materi sistem pernapasan kelas XI, serta penetapan capaian tujuan pembelajaran (Nainggolan et al., 2025).

Tahap kedua adalah *Design* (Perancangan). Pada tahap ini dilakukan penyusunan prototipe e-modul menggunakan aplikasi Canva yang meliputi penyusunan *storyboard*, pemilihan *layout*, penentuan indikator berpikir kritis dan literasi sains, serta pengintegrasian ayat Al-Qur'an yang relevan. Pada tahap penyiapan instrumen, dirancang kisi-kisi tes kemampuan berpikir kritis berupa enam butir soal esai yang disusun secara sistematis dengan mengacu pada indikator Facione (2015).

Tahap ketiga adalah *Develop* (Pengembangan). Pada tahap ini dilakukan realisasi produk yang dilanjutkan dengan proses validasi oleh ahli media, ahli materi, guru Biologi, dan ahli integrasi keislaman. Setelah direvisi berdasarkan saran validator, produk diuji coba secara terbatas untuk mengukur aspek kepraktisan dan efektivitasnya.

Tahap keempat adalah *Disseminate* (Penyebaran). Pada tahap ini, produk yang telah dinyatakan valid dan efektif disebarluaskan secara terbatas melalui implementasi nyata pada kelas XI SMA Swasta Prima serta distribusi digital kepada guru Biologi sebagai alternatif bahan ajar (Zamsiswaya et al., 2024).

Visualisasi tahapan pengembangan e-modul disajikan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Alur Model Penelitian 4D (Thiagarajan, 1974)

Subjek uji coba dalam penelitian ini terdiri atas 25 siswa kelas XI SMA Swasta Prima dan validator ahli yang meliputi ahli materi dan ahli media. Data penelitian dikumpulkan menggunakan teknik observasi, wawancara, dokumentasi, angket, dan tes (Indaryanti et al., 2025). Instrumen kelayakan produk dinilai menggunakan lembar validasi dengan skala Likert 1–4, sedangkan kepraktisan diukur melalui angket respons guru dan siswa. Untuk menguji keefektifan produk terhadap kemampuan berpikir kritis, digunakan instrumen tes berupa enam soal esai berdasarkan indikator Peter A. Facione (2015) yang diberikan melalui *pretest* dan *posttest* (Fithriyah et al., 2016).

Data yang terkumpul dianalisis secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Analisis deskriptif kualitatif digunakan untuk mereduksi data hasil wawancara dan saran validator, sedangkan analisis kuantitatif digunakan untuk menghitung skor validasi, respons pengguna, dan peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa (Sugiyono et al., 2022). Skor persentase dari validator dan angket respons diinterpretasikan ke dalam kategori kevalidan, serta kategori kepraktisan. Sementara itu, peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa dihitung menggunakan rumus N-Gain yang kemudian dikategorikan ke dalam tingkat tinggi, sedang, atau rendah.

Rumus yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

$$\text{Presentase (100\%)} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimum}} \times 100\% \quad (1)$$

Kriteria hasil penilaian uji validitas disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kriteria Hasil Penilaian Uji Validitas

Presentase	Kriteria Penilaian
80-100%	Sangat Valid
60-79,99%	Valid
50-59,99%	Cukup Valid
0-49,99%	Tidak Valid

(Sugiyono, 2016). (Thiagarajan, 1974)

Berdasarkan Tabel 1, semakin tinggi persentase hasil validasi yang diperoleh, semakin tinggi pula tingkat kelayakan produk e-modul yang dikembangkan. Kriteria hasil penilaian uji kepraktisan disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kriteria Hasil Penilaian Uji Kepraktisan

Presentase	Kriteria Penilaian
81-100%	Sangat Praktis
61-80%	Praktis
41-60%	Cukup Praktis
21-40%	Tidak Praktis

(Thiagarajan, 1974)

Berdasarkan Tabel 2, produk dinyatakan semakin praktis apabila persentase respons pengguna berada pada kategori yang lebih tinggi.

Efektivitas e-modul diukur melalui tes kemampuan berpikir kritis berupa enam soal esai yang dikerjakan secara individu melalui *pretest* dan *posttest*. Perhitungan efektivitas dilakukan menggunakan rumus N-Gain.

$$N - Gain = \frac{\text{Skor posttest} - \text{Skor pretes}}{\text{Skor maksimum} - \text{Skor pretes}} \times 100\% \quad (2)$$

Kriteria N-Gain disajikan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Kriteria N-Gain

N-Gain	Kriteria Penilaian
$g > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g \leq 0,7$	Sedang
$g < 0,3$	Rendah

(Thiagarajan, 1974).

Berdasarkan Tabel 3, nilai N-Gain digunakan untuk menunjukkan tingkat peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa setelah menggunakan e-modul, yang dikategorikan ke dalam tingkat rendah, sedang, dan tinggi.

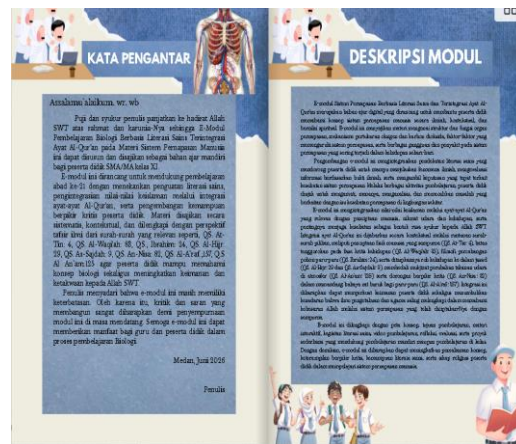
HASIL PENELITIAN

Pada tahap *design* (perancangan), dilakukan penyusunan alur visual dan penataan komponen bahan ajar digital secara sistematis menggunakan aplikasi Canva. Tahap ini menghasilkan prototipe awal e-modul yang memuat susunan halaman, tampilan visual, serta deskripsi fungsi setiap komponen. Struktur prototipe awal dan deskripsi operasional setiap halaman produk digital disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Storyboard Rancangan E-Modul Pembelajaran

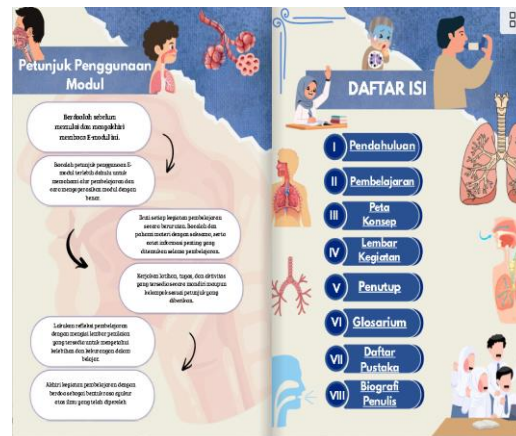
No.	Halaman	Deskripsi Storyboard
1	Sampul Depan (Cover)	 Menampilkan judul, ilustrasi, identitas penulis, dan logo institusi.

2 Kata Pengantar, Deskripsi Umum Modul



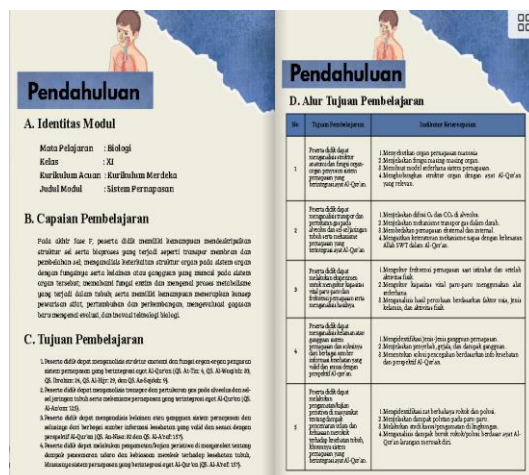
Berisi ucapan syukur, tujuan penyusunan, dan harapan penulis. Menjelaskan gambaran singkat isi dan ruang lingkup e-modul.

3 Petunjuk Penggunaan, Daftar Isi



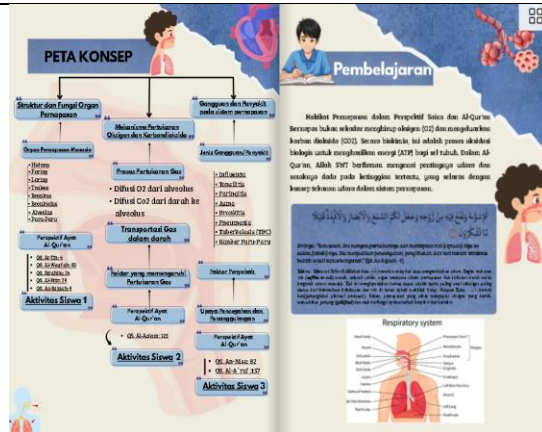
Berisi langkah-langkah penggunaan e-modul secara mandiri. Menampilkan susunan isi e-modul beserta nomor halaman.

4 Pendahuluan



Menampilkan Capaian Pembelajaran dan Alur Tujuan Pembelajaran.

5 Peta Konsep



Menyajikan hubungan antar konsep materi sistem pernapasan.

6 Integrasi Ayat Al-Qur'an



Menampilkan ayat, makna, dan kaitannya dengan materi.

Berikut saran dari ahli media maupun ahli materi dan ahli ayat AL-Qur'an memberikan saran-saran untuk perbaikan, sebagaimana dirinci pada tabel 5.

Tabel 5. Komentar dan Saran dari Validator

NoKomentar Validator

Sebelum revisi

Setelah revisi

Ahli Media:

Validator memberikan masukan bahwa tampilan *e-modul* masih memerlukan penyempurnaan pada aspek desain. Validator juga menyarankan agar komposisi warna, ilustrasi, serta penempatan elemen grafis disusun lebih harmonis sehingga tampilan *e-modul*

menjadi lebih menarik, profesional, dan mampu meningkatkan keterbacaan peserta didik.

Tampilan e-modul masih memiliki beberapa kekurangan pada aspek desain, seperti tata letak tabel yang kurang rapi, ukuran dan penempatan teks yang belum proporsional, serta konsistensi spasi dan margin yang perlu diperbaiki agar lebih nyaman dibaca.

Tata letak, ukuran teks, spasi, dan margin telah diperbaiki sehingga tampilan e-modul menjadi lebih rapi, proporsional, menarik, dan mudah dibaca.

Ahli Materi:

Validator menyampaikan bahwa beberapa bagian materi masih perlu disempurnakan agar sesuai dengan capaian dan tujuan pembelajaran. Validator juga menyarankan penambahan contoh-contoh kontekstual, ilustrasi pendukung, serta penyempurnaan penggunaan istilah ilmiah agar materi lebih akurat dan tidak menimbulkan miskonsepsi.



Materi yang disajikan masih perlu disempurnakan dengan memperjelas isi pembahasan, menyesuaikan dengan tujuan pembelajaran, serta menambahkan penjelasan pada beberapa konsep.



Materi telah direvisi dengan memperjelas isi pembahasan, menyesuaikannya dengan tujuan pembelajaran, serta melengkapi penjelasan materi menjadi lebih sistematis dan mudah dipahami.

Ahli Integrasi Ayat Al-Qur'an:

Validator memberikan saran agar hubungan antara ayat-ayat Al-Qur'an dengan materi sistem pernapasan tidak hanya ditampilkan sebagai pelengkap, tetapi dijelaskan secara lebih mendalam berdasarkan tafsir yang kredibel. Validator juga menyarankan agar setiap ayat disertai penjelasan hikmah, sumber tafsir yang jelas.



Integrasi ayat Al-Qur'an dengan materi sistem pernapasan masih perlu diperdalam, terutama pada



Integrasi ayat Al-Qur'an telah diperbaiki dengan memperjelas hubungan antara ayat dan konsep

penjelasan keterkaitan ayat dengan konsep ilmiah serta penggunaan referensi tafsir yang lebih relevan.	sains, melengkapi penjelasan menggunakan referensi tafsir, serta memperkuat nilai keislaman dalam pembelajaran.
--	---

Hasil dari angket validasi media *e-modul* berbasis literasi sains terintegrasi ayat Al-Qur'an pada materi sistem pernapasan untuk siswa SMA Swasta Prima dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut:

Hasil validasi ahli media ditunjukkan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil Validasi Ahli Media

No	Aspek yang Dinilai	Total Skor	Skor Maksimal	(%)	Kriteria
1.	Kelengkapan Komponen E-Modul Interaktif	13	13	100	Sangat Valid
2.	Kualitas Modul	63	68	92,65	Sangat Valid
3.	Penyajian dan Kegrafisan Modul	39	40	97,50	Sangat Valid
	Rata-rata	38,33	40,33	95,04	Sangat Valid

Hasil dari angket ahli materi *e-modul* berbasis literasi sains terintegrasi ayat Al-Qur'an pada materi sistem pernapasan untuk siswa SMA dirangkum pada Tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil Validasi Ahli Materi

No.	Aspek yang Dinilai	Total Skor	Skor Maksimal	(%)	Kriteria
1.	Kelayakan Isi / Materi	26	28	92,86	Sangat Valid
2.	Penggunaan Bahasa	30	32	93,75	Sangat Valid
3.	Penyajian	32	32	100	Sangat Valid
	Rata-rata	29,33	30,67	95,63%	Sangat Valid

Selanjutnya hasil dari angket ahli validasi ayat al-qur'an pada *e-modul* berbasis literasi sains terintegrasi ayat Al-Qur'an pada materi sistem pernapasan untuk siswa SMA dirangkum pada Tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil Validasi Ahli Ayat Al-Qur'an

No.	Aspek yang Dinilai	Total Skor	Skor Maksimal	(%)	Kriteria
1.	Materi	29	32	90,63	Sangat Valid
2.	Bahasa	21	24	87,50	Sangat Valid
	Rata-rata	25,00	28,00	89,29 %	Sangat Valid

Selanjutnya adalah melakukan uji coba skala kecil dengan menyebarkan kuesioner untuk mengumpulkan respons dari guru dan siswa. Sebagai acuan

kelayakan instrumen yang digunakan dalam uji coba tersebut, berikut adalah hasil analisis data validasi yang diperoleh dari ahli soal pada Tabel 9 sebagai berikut

Tabel 9. Hasil Validasi Ahli Soal

No.	Aspek yang Dinilai	Total Skor	Skor Maks	(%)	Kriteria
1.	Kejelasan Soal	8	8	100%	Sangat Valid
2.	Ketepatan Isi	8	8	100%	Sangat Valid
3.	Relevansi dengan Indikator Pembelajaran	12	12	100%	Sangat Valid
4.	Kevalidan Isi	12	12	100%	Sangat Valid
5.	Ketepatan Bahasa	4	4	100%	Sangat Valid
6.	Kemampuan Soal dalam Mengukur Berpikir Kritis	3	4	75%	Valid
	Rata-rata	7,83	8,00	95,83%	Sangat Valid

Hasil dari uji kepraktisan media pembelajaran yang diukur dari respon guru dan siswa. Hasil dapat uji kepraktisan media pembelajaran berdasarkan respon guru dapat dilihat pada Tabel 10 sebagai berikut:

Tabel 10. Hasil Angket Respon Guru

No.	Aspek yang Dinilai	Total Skor	Skor Maksimal	(%)	Kriteria
1.	Ketertarikan	20	20	100	Sangat Praktis
2.	Materi / Isi	16	16	100	Sangat Praktis
3.	Bahasa	15	16	93,75	Sangat Praktis
	Rata-rata	17,00	17,33	97,92%	Sangat Praktis

Setelah produk dinyatakan layak oleh tim ahli, uji coba skala kecil dilakukan untuk melihat kelayakan dan kepraktisan media di tangan siswa. Hasil analisis kuesioner persepsi dan tingkat kepraktisan e-modul berdasarkan sudut pandang siswa kelas XI dirinci pada Tabel 11 sebagai berikut:

Tabel 11. Hasil Angket Respon Siswa

No.	Aspek yang Dinilai	Total Skor	Skor Maksimal	(%)	Kriteria
1.	Isi	712	775	91,87%	Sangat Praktis
2.	Bahasa	549	600	91,50%	Sangat Praktis
3.	Kegrafikan	668	725	92,14%	Sangat Praktis
	Rata-rata	643,00	700,00	91,86%	Sangat Praktis

Efektivitas penggunaan bahan ajar digital dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis diukur melalui eksperimen dengan membandingkan

nilai sebelum dan sesudah intervensi. Data peningkatan performa kognitif serta indeks capaian rata-rata *N-Gain* siswa dijabarkan pada Tabel 12 berikut:

Tabel 12. Hasil Pre-Test dan Post-Test Kemampuan Berpikir Kritis Siswa

Pre-Test	Post-Test	N-Gain	Persentase (%)	Kategori
50,44	82,92	0,66	66,00	Sedang

Berdasarkan Tabel 12, nilai rata-rata kemampuan berpikir kritis siswa meningkat dari 50,44 pada *pre-test* menjadi 82,92 pada *post-test*. Nilai *N-Gain* sebesar 0,66 dengan persentase 66,00% menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa berada pada kategori sedang.

PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan e-modul Biologi berbasis literasi sains terintegrasi ayat Al-Qur'an pada materi sistem pernapasan manusia untuk siswa kelas XI SMA Swasta Prima. E-modul ini dirancang agar fleksibel diakses melalui laptop atau *smartphone*, serta bertujuan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis sekaligus memperkuat karakter religius dengan menyelaraskan sains dan iman (Fadhli et al., 2024). Pengembangan e-modul menggunakan metode *Research and Development* (R&D) melalui model 4D, yaitu *Define*, *Design*, *Develop*, dan *Disseminate* (Hasanah & Fitriana, 2023). Integrasi ini menjadi strategi instruksional yang komprehensif dalam menjawab tantangan pembelajaran era modern (Putri & Ramadhani, 2024). Hasilnya, e-modul ini tidak hanya memperdalam pemahaman konsep dan mendorong aktivitas ilmiah seperti praktikum frekuensi pernapasan (Sholeh & Wardani, 2023), tetapi juga mengaitkan materi dengan ayat Al-Qur'an yang relevan untuk membangun refleksi spiritualitas siswa (Hidayat & Pratama, 2023).

Melalui perpaduan tersebut, siswa dihadapkan pada latihan soal esai yang dirancang berdasarkan indikator berpikir kritis menurut Peter A. Facione (2015). Aktivitas dalam e-modul merangsang siswa untuk melatih kemampuan berpikir tingkat tinggi, seperti menganalisis fenomena biologi, mengevaluasi argumen, melakukan inferensi, serta menyusun jawaban secara logis, sistematis, dan mandiri (Ningsih & Utami, 2024). Proses perwujudan produk digital ini dilakukan secara bertahap dengan mengadopsi model pengembangan 4D, yaitu *Define*, *Design*, *Develop*, dan *Disseminate*.

Tahap *Define*

Fase *define* dalam penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan merumuskan tantangan nyata dalam proses pembelajaran Biologi sebagai landasan utama dalam menciptakan e-modul berbasis literasi sains terintegrasi ayat Al-Qur'an. Fase ini sangat penting karena rancangan bahan ajar digital yang bermakna harus berakar pada pemahaman yang komprehensif mengenai kebutuhan

sebenarnya di lapangan (Pratama & Kurniawan, 2024). Oleh karena itu, analisis dilakukan secara terperinci melalui lima dimensi utama, yaitu analisis awal-akhir (*front-end analysis*), analisis siswa (*learner analysis*), analisis konsep (*concept analysis*), analisis tugas (*task analysis*), dan analisis tujuan pembelajaran (*learning objective analysis*) (Fauzi & Rohman, 2024).

Pada tahap awal, dilakukan analisis kebutuhan (*front-end analysis*) melalui observasi proses pembelajaran Biologi di SMA Swasta Prima. Hasil analisis menunjukkan bahwa bahan ajar yang digunakan di sekolah masih terbatas pada buku teks cetak konvensional yang bersifat deskriptif-tekstual, sehingga belum memberi ruang optimal bagi pengembangan literasi sains dan kemampuan berpikir analitis peserta didik (Wijaya & Kusuma, 2023). Pemanfaatan sarana digital sekolah berupa komputer dan *smartphone* milik siswa juga belum dioptimalkan secara maksimal sebagai media belajar. Selain itu, belum terdapat upaya yang optimal untuk mengintegrasikan nilai-nilai spiritual keislaman pada materi sains (Rizki & Amelia, 2024).

Melalui analisis siswa (*learner analysis*), ditemukan bahwa siswa cenderung pasif dan mengalami kesulitan dalam memahami konsep sistem pernapasan yang bersifat abstrak dan kompleks (Hasanah & Fitriana, 2023). Kondisi ini berdampak pada rendahnya kemampuan analitis siswa dalam menghubungkan fenomena gangguan pernapasan di lingkungan sekitar dengan konsep Biologi yang dipelajari (Pratiwi & Lestari, 2024). Mengingat siswa mendukung adanya inovasi media belajar mandiri yang fleksibel, maka diperlukan pengembangan e-modul digital interaktif yang mampu menstimulasi minat belajar, meningkatkan literasi sains, sekaligus membiasakan siswa terlibat aktif dalam proses berpikir kritis (Hidayati & Nugroho, 2023).

Berdasarkan analisis siswa, dilakukan analisis konsep (*concept analysis*) untuk memetakan materi sistem pernapasan kelas XI yang diselaraskan dengan capaian pembelajaran dan indikator berpikir kritis (Azizah & Rahmawati, 2023). Analisis konsep dilakukan untuk mengidentifikasi, memerinci, dan mengorganisasikan substansi materi sistem pernapasan manusia secara sistematis agar layak dimuat ke dalam komponen e-modul Biologi digital (Hidayat & Pratama, 2023).

Berdasarkan analisis materi kelas XI, diperlukan perluasan cakupan materi sistem pernapasan melalui aspek kontekstual aplikatif, seperti dampak polusi udara, kebiasaan merokok, serta perkembangan teknologi kesehatan terkini. Sebagai wujud penyelarasan sains dan iman, konsep biologis ini diintegrasikan dengan ayat Al-Qur'an yang berkaitan dengan penciptaan manusia dan penjagaan organ tubuh. Integrasi tersebut menjadi dasar dalam menyusun Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) serta Indikator Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (IKTP) (Fadhli et al., 2024). Adapun materi esensial yang dikembangkan meliputi: (1) pengenalan struktur dan fungsi organ pernapasan; (2) mekanisme difusi serta transpor gas oksigen dan

karbon dioksida, termasuk perbedaan pernapasan eksternal dan internal; serta (3) identifikasi gangguan pernapasan beserta upaya pencegahannya.

Berdasarkan masukan guru, siswa belum terbiasa dihadapkan pada tugas analitis yang melatih interpretasi data atau penyelesaian studi kasus medis nyata. Selama ini, tugas yang diberikan masih berupa soal pilihan ganda sederhana atau pencatatan istilah Biologi. Oleh sebab itu, perancangan e-modul ini memuat tugas-tugas berbasis pendekatan saintifik, seperti praktikum mandiri sederhana untuk mengukur frekuensi pernapasan setelah aktivitas fisik tertentu serta analisis pengaruh polusi udara di lingkungan sekitar siswa (Anwar & Siregar, 2023). Selanjutnya, dirumuskan tujuan pembelajaran (*specifying instructional objectives*) yang mengintegrasikan literasi sains dengan nilai-nilai keislaman melalui ayat Al-Qur'an yang relevan (Santoso & Wahyuni, 2023).

Tahap Design

Tahap *design* memfokuskan pada penyusunan prototipe awal (*initial design*) e-modul menggunakan aplikasi Canva. E-modul ini dirancang dengan mengintegrasikan komponen literasi sains dan nilai spiritual melalui elemen multimedia interaktif, seperti video pembelajaran, animasi visual, kuis formatif, dan lembar kerja berbasis digital (Wulandari & Saputra, 2023). Struktur e-modul disusun mengikuti prinsip pengembangan, yaitu *self-instruction* yang memuat tujuan jelas agar siswa dapat belajar mandiri, *stand-alone* yang memungkinkan e-modul dipelajari tanpa ketergantungan pada bahan ajar lain, *self-contained* yang memuat seluruh materi esensial secara utuh, *user-friendly* yang mudah dioperasikan, dan *adaptive* yang fleksibel diakses melalui berbagai perangkat (Putri & Ramadhani, 2024).

Berdasarkan Tabel 4, pada tahap ini disusun draf prototipe bahan ajar digital dengan komponen yang lengkap, meliputi halaman sampul (*cover*) depan, kata pengantar, daftar isi, deskripsi umum modul, petunjuk penggunaan mandiri bagi siswa, bagian pendahuluan yang memuat Capaian Pembelajaran dan Alur Tujuan Pembelajaran, peta konsep sistem pernapasan, uraian aktivitas belajar saintifik beserta rangkuman, latihan soal berpikir kritis, teks integrasi ayat Al-Qur'an beserta maknanya, kunci jawaban evaluasi, daftar pustaka, glosarium istilah Biologi, dan biografi penulis (Saputra & Handayani, 2024). Selanjutnya, dirancang pula instrumen lembar validasi untuk tim pakar, yang meliputi ahli media, ahli materi, ahli ayat Al-Qur'an, dan ahli soal evaluasi, serta lembar kuesioner respons guru Biologi dan siswa kelas XI, juga lembar tes *pre-test* dan *post-test* berdasarkan indikator Peter A. Facione (Ramadhan & Sari, 2024).

Secara teknis, perancangan tata letak (*layout*) visual e-modul dilakukan menggunakan aplikasi Canva. Penataan estetika visual meliputi penentuan gradasi warna latar belakang yang nyaman di mata, penempatan gambar anatomi paru-paru yang jelas, penyematan tautan video mekanisme pernapasan, serta pembuatan bingkai judul yang menarik minat baca siswa (Pratama & Kurniawan, 2024).

Langkah penting berikutnya adalah menyematkan tautan aktif (*hyperlink*) atau tombol navigasi (*command button*) interaktif di setiap halaman untuk memudahkan perpindahan materi (Santoso & Wahyuni, 2023). Setelah desain final disetujui, tautan Canva dibagikan dalam mode tampilan khusus (*display mode*), kemudian e-modul yang telah dijadikan PDF dimasukkan ke aplikasi Heyzine sehingga e-modul Biologi berbasis literasi sains terintegrasi ayat Al-Qur'an siap diakses secara daring (*online*) oleh siswa kapan saja melalui ponsel pintar (*smartphone*) masing-masing (Azizah & Rahmawati, 2023).

Tahap *Develop*

Tahap *develop* bertujuan untuk menguji kualitas produk melalui penilaian validitas dari tim pakar, yaitu ahli media, ahli materi, dan ahli integrasi Al-Qur'an, serta pelaksanaan uji coba terbatas di kelas. Sebelum diuji cobakan, e-modul direvisi terlebih dahulu berdasarkan saran perbaikan dari validator (Saputra & Handayani, 2024). Tahap ini merupakan bagian penting dari keseluruhan proses penelitian R&D karena hasil penilaian kuantitatif dan kualitatif yang diperoleh menjadi dasar ilmiah dalam menentukan kelayakan (*feasibility*), kepraktisan, dan efektivitas produk sebelum disebarluaskan pada skala pembelajaran yang lebih luas (Rizki & Amelia, 2024). Aktivitas pada tahap pengembangan ini meliputi pengisian angket validasi oleh ahli media, ahli materi, ahli soal evaluasi, pemenuhan saran revisi, hingga pelaksanaan tes kemampuan berpikir kritis siswa kelas XI SMA Swasta Prima (Pratiwi & Lestari, 2024). Proses awal pada tahap pengembangan ditandai dengan pelaksanaan validasi produk. Validasi ini penting untuk memberikan jaminan keilmuan bahwa media digital yang dikembangkan telah bebas dari kesalahan konsep maupun cacat desain (Hasanah & Fitrina, 2023).

Berdasarkan Tabel 6, e-modul ini teruji sangat valid pada ketiga aspek yang dinilai. Aspek kelengkapan komponen e-modul interaktif memperoleh persentase sebesar 100%, aspek kualitas modul memperoleh 92,65% dengan skor 63 dari 68, dan aspek penyajian serta kegrafisan modul memperoleh 97,50% dengan skor 39 dari 40. Secara keseluruhan, validasi ahli media menghasilkan skor rata-rata 38,33 dari total maksimum 40,33 dengan persentase kevalidan akhir sebesar 95,04%. Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa e-modul digital yang dikembangkan memiliki mutu estetika, tata letak visual, dan kelengkapan navigasi interaktif yang sangat layak digunakan sebagai media pembelajaran mandiri bagi siswa (Octaviani, 2023; Wijaya & Kusuma, 2023).

Berdasarkan Tabel 7, e-modul yang dikembangkan juga memperoleh penilaian sangat valid dari ahli materi. Hasil validasi ini menunjukkan bahwa materi sistem pernapasan manusia yang disajikan dalam e-modul telah sesuai dengan capaian pembelajaran, indikator literasi sains, dan kebutuhan pembelajaran siswa kelas XI. Penyajian materi juga dinilai mampu mendukung pemahaman konsep serta memberikan ruang bagi siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir

kritis. Dengan demikian, validasi ahli materi memperkuat kelayakan e-modul sebagai bahan ajar Biologi berbasis literasi sains yang terintegrasi ayat Al-Qur'an.

Berdasarkan Tabel 8, e-modul ini teruji sangat valid pada kedua aspek yang dinilai oleh ahli ayat Al-Qur'an. Aspek materi memperoleh persentase sebesar 90,63% dengan skor 29 dari 32, sedangkan aspek bahasa memperoleh persentase sebesar 87,50% dengan skor 21 dari 24. Validasi ahli ayat Al-Qur'an menghasilkan skor rata-rata 25,00 dari total maksimum 28,00 dengan persentase kevalidan akhir sebesar 89,29% dan termasuk dalam kriteria sangat valid. Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa e-modul digital yang dikembangkan memiliki mutu substansi materi keagamaan, kebenaran rujukan ayat, serta ketepatan bahasa yang sangat layak digunakan sebagai media pembelajaran mandiri bagi siswa (Sholeh & Wardani, 2023; Ningsih & Utami, 2024).

Berdasarkan data pada Tabel 9, dari enam aspek yang dinilai, lima aspek memperoleh penilaian sempurna dengan persentase sebesar 100% dan kriteria sangat valid. Kelima aspek tersebut meliputi kejelasan soal, ketepatan isi, relevansi dengan indikator pembelajaran, kevalidan isi, dan ketepatan bahasa. Sementara itu, aspek kemampuan soal dalam mengukur berpikir kritis memperoleh total skor 3 dari skor maksimal 4 dengan persentase 75%, sehingga termasuk dalam kriteria valid. Secara akumulatif, hasil akhir penilaian ahli soal menunjukkan rata-rata skor sebesar 7,83 dari skor maksimal 8,00, dengan persentase capaian sebesar 95,83% dan termasuk dalam kriteria sangat valid.

Berdasarkan data pada Tabel 10, angket respons guru menunjukkan hasil sangat praktis pada semua aspek. Aspek ketertarikan dan materi/isi memperoleh nilai sempurna sebesar 100%, masing-masing dengan skor 20 dari 20 dan 16 dari 16, sedangkan aspek bahasa memperoleh persentase sebesar 93,75% dengan skor 15 dari 16. Secara keseluruhan, akumulasi penilaian ini menghasilkan rata-rata skor sebesar 17,00 dari rata-rata skor maksimal 17,33, sehingga memperoleh persentase rata-rata akhir sebesar 97,92% dengan kriteria sangat praktis.

Berdasarkan data pada Tabel 11, tingkat kepraktisan media pembelajaran dinilai sangat baik melalui tiga aspek yang seluruhnya memperoleh kriteria sangat praktis. Secara rinci, aspek isi memperoleh persentase sebesar 91,87% dengan skor 712 dari 775, aspek bahasa sebesar 91,50% dengan skor 549 dari 600, dan aspek kegrafikan menjadi aspek tertinggi dengan capaian 92,14% dengan skor 668 dari 725. Akumulasi dari seluruh aspek tersebut menghasilkan rata-rata skor sebesar 643,00 dari rata-rata skor maksimal 700,00, sehingga memperoleh persentase rata-rata akhir sebesar 91,86% dengan kriteria sangat praktis.

E-modul pembelajaran Biologi berbasis literasi sains terintegrasi ayat Al-Qur'an yang dikembangkan dinilai sangat cocok untuk digunakan oleh siswa dalam proses pembelajaran mandiri guna mendukung transformasi pendidikan di era digital (Azizah & Rahmawati, 2023). Tingkat kepraktisan yang tinggi dari sudut pandang peserta didik didukung oleh hasil evaluasi yang menunjukkan kriteria sangat praktis pada seluruh dimensi penilaian (Hasanah & Fitrina, 2023; Anwar &

Siregar, 2023). Faktor utama yang mendukung kepraktisan tersebut adalah penggunaan struktur bahasa yang sederhana serta penyajian materi yang jelas, sehingga siswa dapat memahami konsep sistem pernapasan yang kompleks tanpa mengalami kendala teknis (Hidayat & Pratama, 2023). Tingginya tingkat kepraktisan media juga didukung oleh kemudahan aksesibilitas platform Canva yang responsif melalui *smartphone* maupun laptop.

Kepraktisan lebih lanjut terlihat dari mutu kegrafisan yang tinggi. Perpaduan warna yang menarik, kesesuaian jenis huruf, penempatan teks yang rapi, serta ilustrasi organ tubuh yang jelas membantu meningkatkan motivasi dan kenyamanan membaca siswa. Selain itu, integrasi tautan video pembelajaran serta QR Code interaktif dalam satu platform e-modul memberikan efisiensi bagi proses belajar mandiri siswa kelas XI. Aspek-aspek tersebut menunjukkan bahwa e-modul Biologi ini sangat praktis untuk diimplementasikan dalam pembelajaran sains di sekolah.

Hasil analisis data *pre-test* dan *post-test* yang disajikan pada Tabel 12 menunjukkan adanya peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa setelah menggunakan bahan ajar digital ini (Saputra & Handayani, 2024; Ramadhan & Sari, 2024). Nilai rata-rata kemampuan berpikir kritis siswa meningkat dari skor awal sebesar 50,44 pada *pre-test* menjadi 82,92 pada *post-test*. Berdasarkan rumus indeks keefektifan, peningkatan tersebut menghasilkan nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,66 dengan persentase 66,00%, sehingga tingkat efektivitas e-modul berada pada kategori sedang.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi materi berbasis literasi sains, penugasan studi kasus medis, dan latihan penalaran mandiri yang dirancang dalam e-modul mampu merangsang kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills/HOTS*) siswa secara komprehensif. Temuan ini sejalan dengan penelitian Mahmud et al. (2025) yang mengembangkan e-modul Biologi pada materi sistem ekskresi dan memperoleh peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa dengan nilai N-Gain sebesar 0,67. Selain itu, Dermawan et al. (2025) juga melaporkan bahwa penggunaan bahan ajar interaktif digital pada materi IPA dasar memiliki tingkat validitas yang tinggi serta efektif dalam memperkuat kemampuan analitis siswa dengan skor N-Gain lebih dari 0,70. Dukungan terhadap hasil penelitian ini juga diperoleh dari Damayanti et al. (2022) yang menyimpulkan adanya peningkatan keterampilan berpikir kritis secara signifikan melalui implementasi *Science Metacognition Model* berbasis *Cooperative Learning* pada materi ekosistem.

Tahap Disseminate

Tahap *disseminate* atau penyebaran merupakan tahapan akhir dari model pengembangan 4D yang bertujuan untuk menyosialisasikan produk bahan ajar setelah melalui serangkaian revisi dan dinyatakan memenuhi syarat kelayakan empiris (Zamsiswaya et al., 2024). Produk digital berupa e-modul pembelajaran

Biologi berbasis literasi sains terintegrasi ayat Al-Qur'an pada materi sistem pernapasan didistribusikan secara terbatas setelah teruji sangat valid oleh tim pakar, sangat praktis oleh praktisi dan pengguna, serta efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Proses diseminasi ini dilakukan secara terbatas melalui jalur digital dengan membagikan tautan khusus (*link*) Canva dalam mode tampilan (*display mode*) kepada guru mata pelajaran Biologi di SMA Swasta Prima agar mempermudah guru dalam mengintegrasikan bahan ajar ke dalam rancangan pembelajaran harian (Nainggolan et al., 2025).

Melalui tautan digital tersebut, e-modul pembelajaran ini menjadi media yang fleksibel karena dapat diakses secara mandiri oleh peserta didik kapan saja dan di mana saja melalui perangkat elektronik personal, seperti ponsel pintar (*smartphone*) maupun laptop (Indaryanti et al., 2025). Kehadiran e-modul ini sekaligus menjadi model percontohan media pembelajaran sains abad ke-21 yang mampu menyelaraskan literasi ilmiah dengan penguatan nilai spiritual keislaman secara harmonis (Fadhli et al., 2024).

Pengembangan e-modul digital interaktif berbasis literasi sains terintegrasi ayat Al-Qur'an ini tidak hanya menciptakan pembelajaran Biologi yang mandiri, adaptif, dan responsif melalui perangkat *smartphone* maupun laptop. Lebih dari itu, penyajian ilustrasi anatomi sistem pernapasan yang jelas serta penyelarasan nilai spiritual keislaman di dalamnya mampu memantik rasa ingin tahu, melatih argumentasi logis, sekaligus membangun refleksi spiritualitas siswa kelas XI (Pratiwi & Lestari, 2024). Meskipun memperoleh hasil yang baik, e-modul yang dikembangkan masih memiliki beberapa keterbatasan teknis. Beberapa aktivitas interaktif dan pengerjaan tugas dalam modul belum sepenuhnya berjalan terpadu secara otomatis dalam satu ekosistem digital tunggal (Santoso & Wahyuni, 2023). Oleh karena itu, pengembangan penelitian selanjutnya disarankan untuk menyatukan seluruh fitur penunjang ke dalam satu platform terpadu (*all-in-one platform*) yang lebih otonom. Selain itu, cakupan materi e-modul juga perlu diperluas pada materi Biologi kelas XI lainnya agar memberikan dampak positif yang lebih luas bagi transformasi pendidikan digital abad ke-21 (Putri & Ramadhani, 2024; Ramadhan & Sari, 2024).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pengembangan media e-modul menggunakan model pengembangan 4D yang terdiri atas empat tahapan, yaitu *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), dan *disseminate* (penyebaran), terbukti layak, sangat praktis, dan efektif digunakan dalam pembelajaran Biologi pada materi sistem pernapasan di kelas XI. Media ini mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa, yang ditunjukkan melalui hasil uji kevalidan media sebesar 95,04%, uji kevalidan materi sebesar 95,63%, dan uji kevalidan ayat Al-Qur'an sebesar 89,29%, dengan kriteria sangat valid. Uji kepraktisan berdasarkan respons guru sebesar 97,92% dan respons siswa sebesar

91,86% memperoleh kriteria sangat praktis. Selain itu, hasil uji efektivitas menunjukkan nilai N-Gain sebesar 0,66 yang berada pada kategori sedang.

E-modul ini juga memberikan kontribusi positif dalam memantik rasa ingin tahu, melatih argumentasi logis, serta membangun refleksi spiritualitas siswa terhadap materi yang dipelajari. Integrasi ayat Al-Qur'an dalam pembelajaran membantu siswa mengaitkan ilmu sains dengan nilai-nilai keislaman, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna, kontekstual, dan mampu menyelaraskan ilmu dan iman secara harmonis. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menyatukan seluruh fitur penunjang ke dalam satu platform terpadu (*all-in-one platform*) yang lebih otonom serta mengembangkan e-modul pada materi Biologi kelas XI lainnya agar memberikan dampak positif yang lebih luas bagi transformasi pendidikan digital abad ke-21.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, T., & Siregar, M. (2023). Pengaruh lembar kerja digital berbasis HOTS terhadap kemampuan berpikir analitis siswa pada materi biologi. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 14(1), 45–56.
- Aqil, D. I. (2017). Literasi sains sebagai konsep pembelajaran buku ajar biologi di sekolah. *Wacana Didaktika*, 5(2), 160–171. <https://doi.org/10.31102/wacanadidaktika.5.02.160-171>
- Azizah, N., & Rahmawati, D. (2023). Analisis penggunaan media representasi visual pada materi abstrak biologi untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 9(2), 112–121.
- Damayanti, D., Rahmawati, R., & Lestari, S. (2022). Implementasi *Science Metacognition Model* berbasis *Cooperative Learning* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi ekosistem. *Jurnal Pendidikan Sains*, 10(2), 115–126.
- Defi, K. N., Sholihat, N., & Purwanto, H. (2025). Pengembangan e-modul berbasis *game based learning* terintegrasi nilai-nilai Al-Islam dan Kemuhammadiyah untuk meningkatkan literasi sains siswa. *JPIM: Jurnal Penelitian Ilmiah Multidisipliner*, 2(2), 449–463.
- Dermawan, R., Lestari, A., & Putri, M. (2025). Pengembangan bahan ajar interaktif digital pada materi IPA dasar untuk meningkatkan kemampuan analitis siswa. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 14(1), 88–99.
- Erdi, P. N., & Padwa, T. R. (2021). Penggunaan e-modul dengan sistem *Project Based Learning*. *Jurnal Vokasi Informatika*, 1(1), 21–25. <https://doi.org/10.24036/javit.v1i1.13>
- Facione, P. A. (2015). *Critical thinking: What it is and why it counts*. Measured Reasons LLC. <http://si837.dev1.simpleinformation.com/sites/default/files/pdf/Facione-2015.pdf>

- Fadhli, M., Rahmat, A., & Gunawan, I. (2024). Pengembangan e-modul interaktif berbasis web untuk meningkatkan kemandirian belajar siswa di era digital. *Jurnal Teknologi Pendidikan Modern*, 12(1), 23–34.
- Fauzi, A., & Rohman, M. (2024). Integrasi nilai-nilai keislaman dalam pembelajaran sains modern: Strategi membangun karakter religius di sekolah menengah. *Jurnal Pendidikan Karakter Bangsa*, 6(1), 78–89.
- Fithriyah, I., Sa'dijah, C., & Sisworo. (2016). Analisis kemampuan berpikir kritis siswa kelas IX-D SMPN 17 Malang. *Prosiding Konferensi Nasional Penelitian Matematika dan Pembelajarannya I*, 580–590.
- Fuadi, H., Robbia, A. Z., Jamaluddin, & Jufri, A. W. (2020). Analisis faktor penyebab rendahnya kemampuan literasi sains peserta didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Keguruan*, 5(2), 108–116.
- Hasanah, U., & Fitriana, R. (2023). Reduksi miskonsepsi siswa menggunakan media e-modul berbasis Android pada materi sistem organ manusia. *Jurnal Hasil Penelitian Pembelajaran Biologi*, 8(3), 201–210.
- Hayati, N. M., Tahir, M., Erfan, M., & Ermiana, I. (2024). Pengembangan e-modul berbasis *flipbook* materi sistem pernapasan kelas V SDN 22 Ampenan. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, dan Geofisika*, 5(2), 220–228.
- Hidayat, T., & Pratama, A. (2023). Implementasi literasi sains berbasis lingkungan untuk penguatan profil pelajar Pancasila. *Jurnal Pendidikan Sains Kontemporer*, 11(2), 143–152.
- Hidayati, S., & Nugroho, A. (2023). Efektivitas bahan ajar digital terstruktur dalam meningkatkan kemampuan penalaran deduktif siswa SMA. *Jurnal Riset Pendidikan IPA*, 9(4), 312–322.
- Indaryanti, R. B., Harsono, Utama, Murtiyasa, B., & Soemardjoko, B. (2025). 4D research and development model: Trends, challenges, and opportunities review. *Jurnal Kajian Ilmiah*, 25(1), 91–98.
- Jannah, F., Hattarina, S., & Ariyanti, D. (2023). The implementation of educational games as a digital learning culture in elementary school learning. *Jurnal Obsesi: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 7(2), 1500–1510.
- Kristyowati, R., & Purwanto, A. (2019). Pembelajaran literasi sains melalui pemanfaatan lingkungan. *Scholaria: Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 9(2), 183–191. <https://doi.org/10.24246/j.js.2019.v9.i2.p183-191>
- Kusumawati, P. R. D., Aristiyanto, R., & Muflikhah, I. K. (2023). Pengembangan e-modul berbasis pendidikan lingkungan. *Lensa (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 13(2), 149–155. <https://doi.org/10.24929/lensa.v13i2.366>
- Lubis, S. A., Tambunan, E. P. S., & Khairuna. (2024). Pengembangan e-modul berbasis STEM materi sistem pencernaan manusia terintegrasi ayat-ayat Al-Qur'an kelas XI SMA. *Jurnal Bioshell: Jurnal Pendidikan Biologi, Biologi, dan Pendidikan IPA*, 13(2), 99–110. <https://doi.org/10.56013/bio.v13i2.3347>

- Mahmud, S., Nusantara, E., Lamondo, D., Yusuf, F. M., Ibrahim, M., & Mustaqimah, N. (2025). Pengembangan e-modul biologi pada materi sistem ekskresi untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. *BIODIK*, 11(1), 146–157. <https://doi.org/10.22437/biodik.v11i1.40944>
- Nainggolan, W. A., Ulfa, S. W., & Adlini, M. N. (2025). Pengembangan ensiklopedia etnobotani tumbuhan obat tradisional Batak Toba sebagai sumber belajar pada materi keanekaragaman hayati di kelas X SMA Negeri 1 Pahae Jae. *Journal Bionatural*, 12(1), 57–66.
- Ningsih, S. R., & Utami, P. (2024). Strategi literasi sains dalam membedakan fakta dan opini pada pembelajaran biologi abad ke-21. *Jurnal Pedagogi Evaluasi Pendidikan*, 12(1), 15–27.
- Novianti, W. (2020). Urgensi berpikir kritis pada remaja di era 4.0. *Journal of Education and Counseling*, 1(1), 38–52.
- Octaviani, L. (2023). *Pengembangan e-modul biologi berorientasi unity of sciences dan literasi sains sebagai bahan ajar siswa kelas XI SMA/MA* [Skripsi, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang].
- Pratama, R., & Kurniawan, H. (2024). Desain bahan ajar biologi digital abad ke-21 untuk memenuhi standar kompetensi lulusan. *Jurnal Kurikulum dan Pembelajaran*, 7(2), 99–110.
- Pratiwi, E., & Lestari, S. (2024). Stimulasi kemampuan berpikir kritis siswa melalui penyajian data grafis interaktif pada e-modul biologi. *Jurnal Edusains Biologi*, 10(1), 61–72.
- Putri, A. L., & Ramadhani, S. (2024). Transformasi media cetak ke e-modul Canva: Menjawab tantangan belajar biologi generasi Z. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Digital*, 5(2), 134–145.
- Ramadhan, F., & Sari, M. P. (2024). Pengaruh visualisasi respirasi dinamis pada e-modul terhadap retensi memori jangka panjang siswa kelas XI. *Jurnal Fisiologi Pembelajaran Biologi*, 11(1), 34–46.
- Rizki, M., & Amelia, R. (2024). Fleksibilitas pemanfaatan modul digital berbasis Android di luar jam sekolah terhadap capaian literasi ilmiah. *Jurnal Pembelajaran Mandiri*, 3(2), 88–97.
- Safarulli, L., & Suryanti. (2025). Pengembangan e-modul berbasis keterampilan berpikir kritis untuk mengurangi miskonsepsi pada materi sistem pernapasan manusia di kelas V. *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 13(5), 1329–1343.
- Santoso, B., & Wahyuni, T. (2023). Keefektifan modul elektronik berbasis penalaran analitis pada materi sistem organ manusia yang kompleks. *Jurnal Pengajaran MIPA*, 24(2), 167–178.
- Saputra, H., & Handayani, L. (2024). Analisis indeks N-Gain media pembelajaran R&D dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMA. *Jurnal Metodologi Penelitian Pendidikan*, 16(1), 52–63.
- Sari, I. H., Aisyah, R., & Irwansyah, F. S. (n.d.). *Modul media pembelajaran*.

- Sholeh, M., & Wardani, K. (2023). Pengembangan bahan ajar sains terintegrasi nilai tauhid untuk meningkatkan spiritualitas siswa madrasah aliyah. *Jurnal Pendidikan Islam Terpadu*, 7(2), 120–131.
- Sugiyono. (2016). *Metode penelitian pendidikan: Pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sugiyono, Aunurrahman, & Astuti, I. (2022). Multimedia development of student discipline character training at police schools Pontianak State. *Sinkron: Jurnal dan Penelitian Teknik Informatika*, 6(1), 204–213.
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook*. Leadership Training Institute/Special Education, University of Minnesota.
- Wijaya, C., & Kusuma, A. (2023). Studi komparatif e-modul interaktif Canva versus buku teks konvensional terhadap motivasi belajar biologi siswa. *Jurnal Pembelajaran Biologi*, 10(2), 105–116.
- Wulandari, S., & Saputra, A. (2023). Hubungan evaluasi mandiri dalam e-modul interaktif dengan efisiensi hasil belajar kognitif biologi. *Jurnal Evaluasi Pendidikan Biologi*, 5(3), 224–235.
- Zamsiswaya, Sawaluddin, & Sihombing, B. (2024). Model pengembangan 4D (*Define, Design, Develop, dan Disseminate*) dalam pembelajaran pendidikan Islam. *Journal of Islamic Education El Madani*, 4(1), 11–21.