

## VALIDITAS MODEL ELEKTRONIK BERBASIS PENDEKATAN DEEP LEARNING SUB MATERI PENCEMARAN LINGKUNGAN UNTUK MELATIHKAN KETERAMPILAN PROSES SAINS SISWA DI SMA

### *Validity Of E-Module Based On a Deep Learning Approach to Enviromental Pollution Sub-Material to Train Science Process Skills in High School Students*

**Suci Tri Handayani**

Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya,  
Email: [sucitri.22029@mhs.unesa.ac.id](mailto:sucitri.22029@mhs.unesa.ac.id)

**Tarzan Purnomo**

Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya,  
Email: [tarzanpurnomo@unesa.ac.id](mailto:tarzanpurnomo@unesa.ac.id)

Corresponding author: [tarzanpurnomo@unesa.ac.id](mailto:tarzanpurnomo@unesa.ac.id)

#### Abstrak

Penelitian ini mempunyai tujuan untuk melatih keterampilan proses sains (KPS) siswa SMA dengan membuat dan mengevaluasi e-modul berbasis pembelajaran mendalam pada subtopik pencemaran lingkungan. Paradigma 4D (mendefinisikan, merancang, mengembangkan, dan menyebarkan) digunakan dalam proses penelitian dan pengembangan (R&D), yang dibatasi pada tahap pengembangan. Tahap pembelajaran mendalam berupa pemahaman, penerapan, dan refleksi diintegrasikan ke dalam desain e-modul bersama dengan konsep pembelajaran bermakna, pembelajaran penuh perhatian, dan pembelajaran yang menyenangkan. E-modul ini mengajarkan keterampilan proses sains seperti observasi, klasifikasi, desain eksperimen, prediksi, interpretasi data, penarikan kesimpulan, dan komunikasi temuan. Dua validator ahli—seorang ahli konten biologi dan seorang ahli media pembelajaran—menilai validitas e-modul pada skala Likert 1–4. Kualitas presentasi, kesesuaian topik, kejelasan bahasa, keselarasan dengan indikator keterampilan proses sains, dan kepatuhan terhadap tahapan dan konsep pembelajaran mendalam semuanya termasuk dalam evaluasi. E-modul yang dibangun memiliki skor validitas rata-rata 100%, termasuk dalam kategori sangat valid di semua parameter yang diperiksa, menurut temuan validasi. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan e-modul berbasis pembelajaran mendalam tentang pencemaran lingkungan sebagai alat pengajaran biologi di tingkat SMA sangatlah memungkinkan. Selain itu, e-modul ini berhasil mendorong pembelajaran yang bermakna, introspektif, dan menyenangkan sekaligus mendorong partisipasi aktif siswa dan pertumbuhan keterampilan proses sains yang berfokus pada pemikiran tingkat tinggi

**Kata Kunci:** E-Modul, *Deep Learning*, Pencemaran Lingkungan, Keterampilan Proses Sains.

#### Abstract

The purpose of this study was to train senior high school students' science process skills (SPS) by creating and evaluating a deep learning-based e-module on the subtopic of environmental pollution. The 4D paradigm (define, design, develop, and disseminate) was used in the research and development (R&D) process, which was restricted to the development stage. The deep learning phases of comprehension, application, and reflection were incorporated into the design of the e-module along with the concepts of meaningful learning, mindful learning, and happy learning. This e-module teaches science process skills such as observation, classification, experiment design, prediction, data interpretation, conclusion drawing, and communication of findings. Two expert validators—a biology content expert and a learning media expert—assessed the e-module's validity on a 1–4 Likert scale. Presentation quality, topic appropriateness, language clarity, alignment with science process skill indicators, and adherence to deep learning stages and concepts were all included in the evaluation. The constructed e-module had an average validity score of 100%, falling into the extremely valid category across all examined parameters, according to the validation findings. These results show that using the deep learning-based e-module on environmental pollution as a biology teaching tool at the senior high school level is quite possible. Additionally, the e-module successfully promotes meaningful, introspective, and pleasurable learning while encouraging active student participation and the growth of science process skills focused on higher-order thinking.

**Keywords:** E-Module, *Deep Learning*, Environmental Pollution, Science Process Skills..



## PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan fondasi utama dalam membentuk masyarakat yang adaptif dan kompeten ditengah dinamika global. Pendidikan memainkan peran utama dalam mengembangkan individu dan masyarakat. Pendidikan penting untuk membantu kita mengembangkan potensi diri dan mendorong pertumbuhan sosial dan ekonomi. Pendidikan tidak hanya tentang belajar pengetahuan, tetapi juga membangun karakter, menguatkan sikap, dan mengembangkan keterampilan yang berguna dalam menghadapi tantangan di abad ke-21.

Kurikulum merupakan nyawa dari terlaksananya sebuah pendidikan. Kurikulum di indonesia telah mengalami berbagai perkembangan. Perkembangan kurikulum merupakan aspek yang tidak bisa diabaikan dalam sistem pendidikan; sebaliknya, kurikulum harus dijalani secara sadar dan disesuaikan secara fleksibel dengan kebutuhan serta prinsip-prinsip dasar yang mendasarinya. Dalam konteks sistem pendidikan nasional, terdapat dorongan kuat untuk terus melakukan transformasi kurikulum secara sistematis, terarah, dan berkesinambungan. Reformasi ini bertujuan untuk menjamin terciptanya pemerataan kesempatan belajar, peningkatan mutu proses dan hasil pendidikan, serta pengelolaan pendidikan yang lebih efisien. Keseluruhan proses ini pada akhirnya diarahkan untuk mempersiapkan peserta didik agar mampu beradaptasi dan merespons tantangan kehidupan yang kian kompleks, baik di tingkat lokal, nasional, maupun global (Faiz et al., 2022).

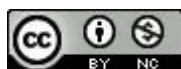
Kurikulum Merdeka merupakan hasil pengembangan dari Kurikulum 2013. Kurikulum Merdeka adalah kurikulum dengan bentuk yang fleksibel (Kemendikbudristek,2023). Menurut Fakhri (2023) Kurikulum yang dapat disesuaikan dapat disesuaikan dengan kemajuan teknologi dan tuntutan zaman. Ini akan memberi siswa kesempatan untuk belajar keterampilan abad ke-21 yang diperlukan untuk berhasil di dunia yang terus berubah.. Dalam penerapannya kurikulum merdeka kembali mengalami penyesuaian yakni dengan adanya pendekatan *deep learning*.

Kemendikdasmen mengeluarkan Permendikdasmen No 13 Tahun 2025 sebagai revisi dari Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 12 Tahun 2024 dengan pernyataan bahwa ada perubahan dari kerangka kurikulum sebagai bentuk penyempurnaan kurikulum yang sudah tersedia yakni dengan perubahan struktur kurikulum dan pendekatan yang digunakan. Hal tersebut dipertegas dengan dikeluarkannya permendikdasmen no 11 tahun 2025 tentang penambahan beban kinerja guru, dimana didalamnya menjelaskan terkait penambahan pendekatan siswa yakni pendekatan *deep learning*.

Pendekatan *deep learning* dalam ranah pendidikan mengacu pada suatu strategi pembelajaran yang mengedepankan pemahaman yang mendalam, integrasi antar konsep, serta pengembangan kemampuan berpikir kritis dan reflektif. Pendekatan ini tidak terbatas pada penguasaan informasi secara dangkal, melainkan mendorong siswa untuk mengaitkan pengetahuan baru dengan pengalaman belajar yang telah dimiliki sebelumnya, sehingga mampu mengaplikasikannya secara relevan dalam berbagai konteks kehidupan nyata (Akmal dan Maelasari, 2025). Pendekatan tersebut sesuai dengan standar kelulusan yang harus dicapai siswa yang tercantum pada Permendikdasmen No 10 Tahun 2025.

Persyaratan Kelulusan 8 Dimensi, yang meliputi iman dan pengabdian kepada Tuhan Yang Maha Esa, kewarganegaraan, berpikir kritis, kreativitas, kerja sama, kemandirian, kesehatan, dan komunikasi, adalah persyaratan baru untuk kelulusan siswa yang terdapat dalam Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 10 Tahun 2025. "Pada Tingkat SMA siswa harus mampu memahami, menganalisis, mengevaluasi, dan mengomunikasikan ide secara lisan dan tulisan dengan benar dan sesuai dengan etika dalam bidang keilmuan dengan menggunakan berbagai cara komunikasi verbal dan nonverbal secara sadar" (Kemendikdasmen, 2025). Indikator keterampilan proses sains sejalan dengan persyaratan ini.

Keterampilan proses sains sangat penting untuk membekali siswa dalam mengatasi masalah-masalah rumit di abad ke-21. Keberhasilan di zaman sekarang ini lebih didasarkan pada kemampuan individu untuk berpikir kritis, analisis mendalam, dan kerja tim daripada pengetahuan materi. Tuntutan global saat ini mengarah pada kebutuhan akan sumber daya manusia yang inovatif, mampu memecahkan berbagai persoalan melalui pendekatan ilmiah, serta memiliki kemampuan mengambil keputusan berdasarkan data yang akurat dan relevan (Yunita dan Mandasari.,2025). Istilah "keterampilan proses sains" (SPS) merujuk pada kumpulan kompetensi yang memungkinkan siswa untuk berpartisipasi aktif dalam kegiatan ilmiah, termasuk mengumpulkan pengamatan, mengkategorikan item, melakukan pengukuran, menarik kesimpulan, dan menjelaskan hasil eksperimen secara metodis. Peran KPS dalam pendidikan sains sangatlah fundamental, karena keterampilan ini membentuk landasan bagi cara berpikir ilmiah yang mendukung kemampuan dalam memecahkan masalah secara logis dan kritis. Santiawati et al (2022) menyatakan bahwa "penguasaan KPS tidak hanya membantu siswa dalam memahami konsep-konsep sains secara teoritis, tetapi juga mendorong mereka untuk menerapkan pengetahuan tersebut melalui kegiatan praktikum yang kontekstual". Selain itu, studi oleh (Melita Rahardjo, 2019)



menyebutkan “KPS turut menjadi penghubung penting dalam pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills/HOTS*) sejak dini, terutama dalam pembelajaran yang menekankan eksperimen dan observasi aktif”. Oleh karena itu, KPS tidak hanya mendukung penguasaan konten akademik, melainkan juga berperan penting dalam pembentukan sikap ilmiah serta peningkatan literasi sains siswa sejak tahap awal pendidikan.

Materi mengenai perubahan lingkungan, khususnya pada sub bab pencemaran, memiliki posisi strategis dalam upaya menumbuhkan kesadaran ekologis di kalangan peserta didik jenjang sekolah menengah. Konten ini membahas penyebab, dampak ekologis, dan strategi mitigasi potensial untuk berbagai kategori polusi, termasuk polusi udara, air, tanah, dan suara. Penguasaan yang mendalam terhadap isu pencemaran lingkungan berkontribusi dalam membentuk sikap kritis serta rasa tanggung jawab siswa terhadap kondisi dan keberlanjutan lingkungan di sekitarnya (Hasanah & Fitrihidajati, 2020). Keterampilan proses sains (KPS) memiliki hubungan yang erat dan signifikan dalam pembelajaran materi perubahan lingkungan, khususnya pada subtopik pencemaran. Selain mendorong pemahaman teoritis, KPS membantu siswa memperoleh kemampuan ilmiah termasuk observasi, klasifikasi, interpretasi data, dan pemecahan masalah berdasarkan fakta nyata.

Upaya penerapan *deep learning* yang sesuai dengan arahan kemendikdasmen menruut permendikdasmen No 10, 11 dan no 13 Tahun 2025 masih mengalami berbagai tantangan, terutama kurangnya ahan ajar yang mendukung. Meskipun teknik pembelajaran mendalam menawarkan banyak potensi untuk mendorong pemikiran kritis dan menghasilkan pengalaman belajar yang bermakna, masih banyak tantangan dalam menggunakannya di kelas. Kelangkaan sumber daya pembelajaran yang sesuai dengan fitur-fitur pembelajaran mendalam merupakan salah satu hambatan utama. Di banyak satuan pendidikan, guru masih mengandalkan sumber belajar tradisional yang tidak dirancang untuk mendukung pendekatan kontekstual dan eksploratif yang menjadi esensi dari *deep learning* (Jayatri & Safitri, 2025).

Guru seringkali kesulitan menerapkan metode ini secara teratur dalam proses pembelajaran sehari-hari karena kurangnya modul atau alat pembelajaran terintegrasi yang memuat konsep-konsepnya (Mailani dkk., 2025). Selain itu, pembuatan materi pembelajaran berkualitas tinggi membutuhkan kolaborasi antara pendidik, perancang kurikulum, dan spesialis pedagogi; namun, kerja sama lintas sektor ini belum sepenuhnya terwujud dalam kenyataan (Atmojo dan Muzzazinah, 2025).

Modul elektronik, yang sering disebut sebagai e-modul, adalah materi terbuka yang menawarkan manfaat dalam hal adaptabilitas dan kegunaan. E-modul secara etimologis terdiri dari dua kata: "elektronik" (disingkat "e") dan "modul." Menurut Simarmata (2017) dalam (Ricu Sidiq dan Najuah, 2020), modul adalah serangkaian kegiatan pendidikan siswa yang terorganisir yang dimaksudkan untuk membantu mencapai tujuan tertentu. Materi kursus dirancang untuk membantu siswa mencapai potensi penuh mereka. Implementasi, integrasi multimedia, dan dukungan untuk pembelajaran eksploratif dan mandiri adalah semua manfaat dari e-modul (Nikat dan Sumanik, 2021). Siswa dapat belajar sendiri dengan lebih mudah berkat ketersediaan e-modul di komputer dan ponsel.

Saat ini, penelitian tentang pembuatan E-Modul berbasis SDGs pada subtopik polusi masih sangat sedikit. Tidak adanya prosedur validasi, baik dari segi konten maupun desain visual, merupakan masalah signifikan yang sering diabaikan, padahal keduanya sangat penting untuk menjamin tercapainya tujuan pembelajaran, tindakan siswa, dan nilai-nilai yang tertanam. Oleh karena itu, ada kebutuhan mendesak untuk menghasilkan E-Modul yang telah teruji sepenuhnya. Untuk mengajarkan kemampuan proses sains siswa SMA, penelitian ini menghasilkan pembuatan E-Modul berbasis pembelajaran mendalam tentang materi perubahan lingkungan pada subtopik polusi. Modul ini mengintegrasikan nilai-nilai SDGs, yaitu SDG 6, SDG 12, dan SDG 15, menggunakan model pengembangan 4D.

Oleh karena itu, penelitian ini sangat penting karena membahas kesulitan nyata yang dihadapi sekolah ketika menerapkan pembelajaran mendalam. Selain itu, penelitian ini juga memberikan solusi, seperti fitur e-modul yang mengintegrasikan pendekatan pembelajaran mendalam dan membantu kemampuan proses sains. Hasil penelitian ini bermanfaat tidak hanya bagi pendidik dan siswa, tetapi juga bagi para pembuat undang-undang yang ingin mendorong terciptanya sumber daya pembelajaran yang lebih baik dan lebih bermanfaat. Selain itu, kontribusi penelitian ini terletak pada upaya memperkuat sinergi antara pendekatan *deep learning*, literasi sains, proses sains, dan pemanfaatan teknologi pembelajaran sebagai dasar untuk membentuk siswa yang tangguh dan kompetitif.

## METODE

Model pengembangan 4D (mendefinisikan, merancang, mengembangkan, dan mendistribusikan) digunakan dalam studi pengembangan ini. Hanya tahap pengembangan yang dicakup oleh studi ini. Studi ini dilakukan antara Mei dan Oktober 2025.



Menentukan semua persyaratan untuk proses pengajaran dan pembelajaran merupakan langkah pertama dalam penelitian ini. Analisis kurikulum, analisis konsep, analisis tugas, analisis tujuan pembelajaran, analisis siswa, analisis persyaratan pengajaran, analisis kemampuan proses sains siswa, dan analisis masalah dalam menerapkan pembelajaran menggunakan pendekatan pembelajaran mendalam semuanya termasuk dalam analisis ini.

Tahapan yang kedua adalah tahap *design*, tahapan ini bertujuan untuk mendesain awal kegiatan dalam E-Modul yang akan dikembangkan. Tahapan ini meliputi pemilihan format untuk E-Modul, pemilihan media, penyusunan media, rancangan produk E-Modul.

Tahap ketiga adalah tahap pengembangan, di mana para dosen yang ahli dalam bidang biologi dan media pembelajaran mengevaluasi dan memvalidasi E-Modul yang telah dikembangkan untuk menentukan sejauh mana E-Modul (modul elektronik) tersebut sesuai dalam hal kualitas konten (materi yang direkam, aktivitas yang terorganisir, keterampilan proses sains yang terukur) dan presentasi visual (tampilan) E-Modul berbasis *deep learning* submateri pencemaran lingkungan dinyatakan valid apabila validitas materi, bahasa, dan tampilan mencapai validitas  $\geq 71\%$ .

Penilaian validitas dilakukan dengan menggunakan skala likert 1-4 dengan kriteria sebagai berikut.

Tabel 1. Skala Likert

Skala	Keterangan
4	Baik
3	Cukup Baik
2	Kurang Baik
1	Tidak Baik

Dua validator—seorang profesor dengan keahlian dalam konten biologi dan seorang ahli media biologi—melakukan validasi. Temuan dari masing-masing validator kemudian dirata-ratakan dan dianalisis menggunakan rumus tersebut.

$$\% \text{ Validitas} = x \ 100\%$$

Data yang dihasilkan kemudian diinterpretasikan dengan kriteria sebagai berikut.

Tabel 2. Interpretasi Validitas

Skala	Keterangan
0-40	Tidak Valid
41-55	Kurang Valid
56-70	Cukup Valid
71-85	Valid
86-100	Sangat Valid

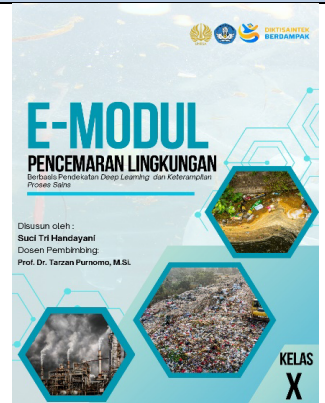








Berdasarkan kriteria di atas, E-Modul dinyatakan valid jika presentase skor rata-rata yang diperoleh  $\geq 71\%$ .


## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemajuan ini untuk Sub materi Pencemaran Lingkungan, penelitian menciptakan E Modul berdasarkan teknik Deep Learning untuk mengembangkan kemampuan proses sains siswa secara sah, bermanfaat, dan efisien. Tujuh indikator mengamati, mengkategorikan, mengatur eksperimen, memprediksi/memperkirakan, menafsirkan, menyimpulkan, dan berkomunikasi adalah beberapa keterampilan proses sains yang diajarkan. Selain menggunakan tiga tahap implementasi memahami, menerapkan, dan merefleksikan teknik deep learning dikaitkan dengan tiga prinsip utama: pembelajaran bermakna, pembelajaran menyenangkan, dan pembelajaran penuh perhatian. Empat langkah model 4D mendefinisikan, merancang, mengembangkan, dan menyebarluaskan digunakan dalam proses pengembangan. Data akhir adalah hasil pengembangan dan validasi E Modul, yang dievaluasi oleh para ahli. Karakteristik berikut terdapat dalam aktivitas pembelajaran E-Modul:



Tabel 3. Fitur-fitur dalam E-Modul

Fitur	Keterangan
	<p>Cover utama E-Modul Berisikan Judul, materi, nama penyusun, jenjang sekolah, dan gambar mengenai pencemaran lingkungan</p>
 <p><b>Bio-Material</b></p>	<p>Fitur ini berisikan ringkasan materi yang mendukung topik pembelajaran diluar keterampilan proses sains yang diukur.</p>
 <p><b>Bio-Observer</b></p>	<p>Fitur tersebut berisikan kegiatan obeservasi yang mendukung indikator mengamati pada keterampilan proses sains siswa, Menerapkan prinsip deep learning meaningfull learning, Menerapkan tahapan deep learning memahami.</p>
 <p><b>Bio-Action</b></p>	<p>Fitur tersebut berisikan kegiatan percobaan atau pratikum yang mendukung indikator merancang percobaan pada keterampilan proses sains siswa dan menerapkan prinsip deep learning joyfull learning dan menerapkan tahapan deep learning meaplikasikan</p>
 <p><b>Bio-Classification</b></p>	<p>Fitur tersebut berisikan kegiatan klasifikasi yang mendukung indikator mengklasifikasikan pada keterampilan proses sains siswa dan menerapkan tahapan deep learning mengaplikasikan</p>
 <p><b>Bio-Interpretation</b></p>	<p>Fitur tersebut berisikan kegiatan percobaan atau pratikum menafsirkan hasil percobaan yang mendukung indikator menafsirkan pada keterampilan proses sains siswa dan menerapkan tahapan deep learning mengaplikasikan</p>
 <p><b>Bio-Prediction</b></p>	<p>Fitur tersebut berisikan kegiatan memprediksi yang mendukung indikator memprediksi pada keterampilan proses sains siswa, menerapkan prinsip deep learning mindfull learning, menerapkan tahapan deep learning merefleksikan</p>
 <p><b>Bio-Conclude</b></p>	<p>Fitur tersebut berisikan kegiatan meanarik kesimpulan terkait aktivitas yang mendukung indikator menyimpulkan pada keterampilan proses sains siswa dan menerapkan tahapan deep learning merefleksikan</p>
 <p><b>Bio-Comunication</b></p>	<p>Fitur tersebut berisikan kegiatan mengkomunikasikan hasil alktivitas yang mendukung indikator mengkomunikasikan</p>

Fitur	Keterangan
	pada keterampilan proses sains siswa dan menerapkan tahapan deep learning merefleksikan
 <b>Assesment</b>	Fitur ini berisikan soal tes untuk mengukur tingkat keterampilan proses sains siswa serta pemahaman materi setelah penggunaan <i>E-Modul</i>
 <b>Ruang Diskusi</b>	Fitur ini berisikan ruang diskusi diluar jam pembelajaran saat penggunaan <i>E-Modul</i>
 <b>Saran</b>	Fitur ini berisikan hasil respon siswa terhadap penggunaan <i>E-Modul</i> dalam pembelajaran

Draft I E-Modul yang telah dikembangkan dan ditelaah oleh dosen pembimbing, selanjutnya divalidasi oleh dua validator (dosen ahli media dan ahli materi) menggunakan instrumen penilaian validasi berdasarkan tiga aspek penilaian sehingga dihasilkan draft II E-Modul. Ketiga aspek tersebut yakni, aspek penyajian, aspek isi, dan aspek bahasa. Pada penilaian ketiga aspek masing-masing mendapatkan rata-rata sebesar 4 dengan kriteria sangat valid. Hasil rata-rata keseluruhan dari tiga aspek penilaian tersebut sebesar 4 dengan kriteria sangat valid. Hasil tersebut menunjukkan bahwa E-Modul yang dikembangkan dinyatakan valid dan layak untuk digunakan. Adapun hasil validitas yakni sebagai berikut

No.	Kriteria yang divalidasi	Skor		Rata-Rata	Kriteria Interpretasi
		V1	V2		
<b>A. KELAYAKAN PENYAJIAN</b>					
1.	<b>Kualitas tampilan</b>				
	a. Html pada <i>E-Modul</i> dapat diakses dengan mudah.	4	4	4	Sangat valid
	b. Perpindahan satu ke halaman selanjutnya dapat dilakukan dengan mudah.				
	c. Tampilan cover menarik dan sesuai dengan isi <i>E-Modul</i>				
	d. Gambar dan ilustrasi pendukung sesuai dengan isi <i>E-Modul</i>				
	e. Judul dan topik sesuai dengan isi aktivitas dalam <i>E-Modul</i>				
	f. Desain visualisasi <i>E-Modul</i> secara keseluruhan menarik dan sesuai dengan aktivitas.				
g. Fitur yang terdapat pada <i>E-Modul</i> tersaji dengan baik dan sesuai dengan aktivitas.					
2.	<b>Layout halaman <i>E-Modul</i></b>				
	a. Ketepatan penulisan halaman.	4	4	4	Sangat valid
	b. Ketepatan penggunaan angka romawi pada halaman pengantar dan angka arab pada halaman isi.				
c. Kesesuaian nomor halaman dengan daftar isi.					
3.	<b>Kesesuaian tipe huruf yang digunakan dalam <i>E-Modul</i></b>				
	a. Kesesuaian jenis dan ukuran huruf.	4	4	4	Sangat valid
	b. Jenis dan ukuran huruf mudah dibaca.				
	c. Menggunakan huruf cetak (bukan huruf latin).				
d. Representatif (Jika nama ilmiah menggunakan <i>italic</i> ).					



No.	Kriteria yang divalidasi	Skor		Rata-Rata	Kriteria Interpretasi
		V1	V2		
<b>Kualitas warna</b>					
4.	a. Pemilihan warna yang menarik dan sesuai.	4	4	4	Sangat valid
	b. Kombinasi warna kontras dan sesuai.				
	c. Warna tidak menutupi tulisan dalam <i>E-Modul</i> .				
	d. Komposisi pemilihan warna seimbang.				
<b>Kualitas interaktif</b>					
5.	a. Terdapat tautan eksternal yang mengarah ke materi pendukung.	4	4	4	Sangat valid
	b. Terdapat tautan eksternal untuk mengumpulkan tugas.				
	c. Terdapat tautan eksternal untuk berdiskusi diluar jam pembelajaran				
<b>Sistematika penyajian</b>					
6.	a. Terdapat profil <i>E-Modul</i> , tujuan pembelajaran, dan petunjuk penggunaan.	4	4	4	Sangat valid
	b. <i>E-Modul</i> disajikan secara runtut.				
	c. Terdapat hubungan dan keterakitan antar komponen-komponen <i>E-Modul</i> .				
<b>Rata -rata kelayakan penyajian</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>Sangat valid</b>
<b>B. KELAYAKAN ISI</b>					
<b>Keluasan dan kebenaran konsep</b>					
7.	a. Materi yang disusun dari sederhana ke kompleks.	4	4	4	Sangat valid
	b. Materi dan kegiatan yang disusun sesuai dengan tujuan pembelajaran				
	c. Aktivitas dalam <i>E-Modul</i> sesuai dengan indikator keterampilan proses sains.				
<b>Kelengkapan komponen <i>E-Modul</i></b>					
8.	a. <b>Bagian Pendahuluan:</b> memuat halaman sampul, halaman dalam, petunjuk penggunaan, dan kata pengantar <i>E-Modul</i> .	4	4	4	Sangat valid
	b. <b>Bagian Isi:</b> memuat profil <i>E-Modul</i> , aktivitas-aktivitas, <i>assesment</i> , dan juga angket saran.				
	c. <b>Bagian Penutup:</b> memuat penutup dan daftar pustaka.				
<b>Aspek pembelajaran</b>					
9.	a. Fitur <i>E-Modul</i> sesuai dengan materi.	4	4	4	Sangat valid
	b. Latihan soal sesuai dengan indikator keterampilan proses sains.				
	c. Gambar/animasi/video sesuai dengan materi.				
	d. Keruntutan aktivitas sesuai dengan materi				
	e. Kegiatan relevan dengan materi				



No.	Kriteria yang divalidasi	Skor		Rata-Rata	Kriteria Interpretasi
		V1	V2		
	f. Materi yang disajikan sesuai dengan topik yang akan dilakukan dalam pembelajaran				
	g. Isi <i>E-Modul</i> dapat memotivasi peserta didik untuk menyelesaikan permasalahan terkait pencemaran lingkungan				
<b>Aspek aktivitas</b>					
10.	a. Rangkaian aktivitas yang disusun mendukung pembelajaran yang akan dilakukan				Sangat valid
	b. Rangkaian aktivitas disusun secara runtut				
	c. Rangkaian aktivitas yang disusun menarik dan memotivasi peserta didik	4	4	4	
	d. Assesment mendukung keterampilan proses sains siswa				
	e. Rangkaian aktivitas mudah diikuti oleh peserta didik				
<b>Karakteristik <i>E-Modul</i></b>					
11.	a. <i>E-Modul</i> memenuhi karakter <i>Self Instruction</i>				Sangat valid
	b. <i>E-Modul</i> memenuhi karakter <i>Self Contained</i>				
	c. <i>E-Modul</i> memenuhi karakter <i>Stand Alone</i>	4	4	4	
	d. <i>E-Modul</i> memenuhi karakter <i>Adaptive</i>				
	e. <i>E-Modul</i> memenuhi karakter <i>User Friendly</i>				
<b>Rata -rata kelayakan Isi</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>Sangat Valid</b>
<b>C. KELAYAKAN BAHASA</b>					
<b>Penggunaan bahasa</b>					
12.	a. Komunikatif				Sangat valid
	b. Lugas				
	c. Informatif	4	4	4	
	d. Ketepatan penggunaan bahasa				
<b>Struktur bahasa</b>					
13.	a. Sesuai PUEBI				Sangat valid
	b. Tidak menimbulkan makna ganda				
	c. Kalimat mewakili penyampaian isi	4	4	4	
	d. Keterpaduan kalimat antar paragraf				
	e. Ketepatan penggunaan tanda baca				
<b>Penggunaan istilah</b>					
14.	a. Menggunakan istilah yang tepat				Sangat valid
	b. Menggunakan istilah secara konsisten				
	c. Mendukung penyampaian konsep pada proyek	4	4	4	
	d. Tidak memiliki makna ganda (Ambigu)				
15.	<b>Kemampuan memotivasi dan interaktif</b>				



No.	Kriteria yang divalidasi	Skor		Rata-Rata	Kriteria Interpretasi
		V1	V2		
	a. Menumbuhkan minat peserta didik untuk mempelajari dan menjalani serangkaian aktivitas yang diberikan				Sangat valid
	b. Mampu memotivasi peserta didik untuk merespon secara aktif	4	4	4	
	c. Mampu meningkatkan fokus siswa untuk menjalankan aktivitas yang diberikan				
<b>Rata-rata Kelayakan Bahasa</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>Sangat Valid</b>
<b>D. KESESUAIAN E-MODUL DENGAN INDIKATOR KETERAMPILAN PROSES SAINS</b>					
16.	a. <i>E-Modul</i> memuat kegiatan yang dapat mencerminkan kemampuan peserta didik dalam <b>mengamati</b> keadaan di lingkungan sekitar				Sangat valid
	b. <i>E-Modul</i> memuat kegiatan yang dapat mencerminkan kemampuan peserta didik dalam <b>mengklasifikasikan</b> pada materi pencemaran lingkungan				
	c. <i>E-Modul</i> memuat kegiatan yang dapat mencerminkan kemampuan peserta didik dalam <b>menafsirkan</b> data yang dihasilkan setelah percobaan				
	d. <i>E-Modul</i> memuat kegiatan yang dapat mencerminkan kemampuan peserta didik dalam <b>merencanakan percobaan</b> pembuatan poster setelah demo pencemaran air dan pembuatan pot tanaman penyerap polusi dari bahan bekas	4	4	4	
	e. <i>E-Modul</i> memuat kegiatan yang dapat mencerminkan kemampuan peserta didik dalam <b>menyimpulkan</b> kegiatan yang telah dilakukan				
	f. <i>E-Modul</i> memuat kegiatan yang dapat mencerminkan kemampuan peserta didik dalam <b>mengkomunikasikan</b> data yang diperoleh setelah kegiatan pembelajaran				
	g. <i>E-Modul</i> memuat kegiatan yang dapat mencerminkan kemampuan peserta didik dalam <b>meramalkan</b> keadaan lingkungan di masa depan sesuai dengan kebiasaan masyarakat				
<b>Rata-rata Kesesuaian dengan Indikator Keterampilan Proses Sains</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>Sangat Valid</b>
<b>E. KESESUAIAN E-MODUL DENGAN PRINSIP DEEP LEARNING</b>					
17.	a. <i>E-Modul</i> memuat pembelajaran dengan prinsip <i>Meaningfull Learning</i> (pembelajaran bermakna)	4	4	4	Sangat valid



No.	Kriteria yang divalidasi	Skor		Rata-Rata	Kriteria Interpretasi
		V1	V2		
	b. E-Modul memuat pembelajaran dengan prinsip <i>Mindfull Learning</i> (pembelajaran sadar dan aktif)				
	c. E-Modul memuat pembelajaran dengan prinsip <i>Joyfull Learning</i> (pembelajaran yang menyenangkan)				
<b>Rata-rata Kesesuaian dengan Prinsip <i>Deep Learning</i></b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>Sangat Valid</b>
Total Skor : % Validitas = x 100%					<b>Sangat Valid</b>

Nilai rata-rata keseluruhan adalah 100%, memenuhi kriteria sangat valid, menurut temuan uji validitas yang dilakukan oleh dua validator ahli, seorang ahli media dan seorang ahli materi. Presentasi, topik, dan bahasa adalah tiga area utama penilaian. “Nilai validitas yang tinggi ini menunjukkan bahwa E-Modul berbasis Pendekatan Deep Learning Submateri Pencemaran Lingkungan telah memenuhi standar kelayakan akademik, teknologis, dan pedagogis untuk digunakan dalam pembelajaran” (Fadhilla et al., 2025). Persentase validitas sebesar 100% menunjukkan tidak adanya kesalahan substansial dalam penyusunan komponen E-Modul, baik dari segi isi, tampilan, maupun struktur penyajiannya. Dengan demikian, E-Modul ini dapat dikategorikan telah mencapai tingkat keabsahan tertinggi dalam proses pengembangan media pembelajaran digital.

Validitas yang tinggi merupakan tanda penting bahwa media yang dibuat memenuhi prinsip validitas konstruk, yaitu keselarasan antara tujuan pembelajaran, materi pembelajaran, dan strategi pengajaran (Triyono, 2021). Siswa akan memperoleh informasi yang tepat, akurat, dan relevan yang sesuai dengan tujuan pembelajaran yang diinginkan jika e-modul tersebut asli. Menurut Dayyana dkk. (2022), materi pembelajaran digital yang valid dapat meningkatkan kejelasan konseptual, mengurangi kesalahpahaman, dan memfasilitasi aktivitas pembelajaran berbasis pembelajaran mendalam. Hal ini juga konsisten dengan temuan penelitian mereka.

Hasil validasi ini juga memperlihatkan bahwa keterpaduan antara pendekatan Deep Learning dengan desain digital dapat meningkatkan efektivitas modul sebagai sarana belajar mandiri. Menurut penelitian Zalukhu (2025), penggunaan teknik Deep Learning dalam e-modul meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS) siswa karena membutuhkan proses pembelajaran yang lebih kontekstual, relevan, dan reflektif. Akibatnya, validitas 100% e-modul ini tidak hanya menguji kesesuaian konten dengan standar akademik tetapi juga menunjukkan seberapa baik e-modul ini menggabungkan konsep deep learning.

Selain itu, hasil validitas yang tinggi ini juga menunjukkan bahwa komponen desain media, seperti interaktivitas, navigasi, serta integrasi konten multimedia, telah memenuhi kriteria usability dalam pengembangan bahan ajar digital. Menurut penelitian oleh Sari dan Sutihat (2022), aspek antarmuka pengguna (user interface) dan kemudahan navigasi merupakan bagian dari validitas konstruk karena berkontribusi langsung terhadap efektivitas pembelajaran. Akibatnya, temuan validitas menunjukkan bahwa e-modul ini memenuhi kelayakan desain teknologi pembelajarannya selain valid dalam hal konten.

Secara keseluruhan, temuan validasi dengan skor tertinggi menunjukkan bahwa, sesuai dengan model 4D (Define, Design, Develop, Disseminate), proses pengembangan e-modul telah melalui tahapan metodis. Validitas merupakan prasyarat sebelum mengevaluasi kegunaan dan efektivitas media, klaim Aulia dan Akmal (2024). “Dengan hasil 100% (sangat valid), E-Modul berbasis *Deep Learning* ini dinyatakan layak digunakan tanpa revisi mayor dan siap untuk diimplementasikan dalam uji coba terbatas di kelas untuk menilai efektivitas dan ketercapaian keterampilan proses sains peserta didik” (Latri, 2023).

Komponen kelayakan presentasi e-Modul berbasis Pendekatan Deep Learning untuk subtopik Pencemaran Lingkungan memperoleh skor rata-rata 4,00, memenuhi kriteria sangat valid. Tingkat keterlibatan modul, pilihan warna, keterbacaan jenis huruf, tata letak halaman, dan kualitas tampilan visual semuanya termasuk dalam komponen evaluasi ini. Temuan ini menunjukkan bahwa e-Modul tersebut dibuat secara ahli dengan mempertimbangkan fungsionalitas dan tampilan materi pembelajaran digital (Rahman, 2021). Terutama bagi siswa di era digital yang membutuhkan pembelajaran visual dan interaktif, antarmuka e-Modul yang menarik dan navigasi yang sederhana merupakan komponen penting yang mendukung efektivitas proses pembelajaran.



Desain presentasi e-modul ini juga telah dimodifikasi untuk mengakomodasi preferensi belajar visual dan kinestetik siswa sekolah menengah. Siswa dapat mengakses konten melalui perangkat digital dengan lebih fleksibel dan responsif dengan menggunakan flipbook interaktif yang dibangun di atas platform Heyzine. Presentasi media digital yang menggabungkan grafik, animasi, dan video sangat meningkatkan motivasi belajar dan penyerapan pengetahuan, menurut penelitian oleh Hartoto dkk. (2021). E-modul ini juga menawarkan pengalaman belajar yang mendalam dan kontekstual menggunakan kode QR dan akses ke sumber belajar eksternal.

Selain visual, kelayakan penyajian juga dinilai dari keteraturan tata letak (*layout consistency*) antar halaman. Modul ini menampilkan desain yang seragam dan proporsional antara teks, gambar, serta ruang kosong, sehingga tidak menimbulkan kelelahan visual. Mustapa dan Santoso (2025) menegaskan bahwa tata letak yang konsisten merupakan salah satu faktor penting dalam membangun kenyamanan belajar digital. Dalam E-Modul ini, setiap aktivitas pembelajaran diberi penanda yang jelas dan terstruktur sesuai urutan pembelajaran *deep learning*, mulai dari memahami, mengaplikasikan, hingga merefleksikan.

Kualitas warna dan pemilihan font juga menjadi indikator penting dalam aspek penyajian. Modul ini menggunakan kombinasi warna netral dan kontras seperti biru tua, hijau, dan putih untuk menjaga keterbacaan teks di layar. Studi oleh Mourin et al (2024) menyebutkan pemilihan warna yang sesuai dengan psikologi belajar dapat meningkatkan perhatian dan motivasi peserta didik. Sementara itu, ukuran huruf yang digunakan mengikuti standar keterbacaan digital (12–14 pt), hal ini memastikan bahwa peserta didik dapat membaca materi dengan nyaman tanpa gangguan visual.

Berdasarkan semua temuan ini, dapat dikatakan bahwa E-Modul ini berhasil memenuhi kriteria pembelajaran multimedia, yaitu gagasan untuk mencapai keseimbangan antara unsur interaktif, verbal, dan visual. “Penyajian yang menarik dan informatif tidak hanya meningkatkan estetika, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan pemahaman konseptual peserta didik” (Akhir dan Paidi, 2025). Hal ini mengarah pada kesimpulan bahwa presentasi E-Modul berbasis Deep Learning pada subtopik pencemaran lingkungan sangat valid dan sesuai untuk digunakan dalam proses pembelajaran ilmiah.

Dengan skor rata-rata 4,00, komponen kelayakan konten E-Modul berbasis Deep Learning pada subtopik Pencemaran Lingkungan dianggap sangat valid. Indikator yang menunjukkan luas dan kedalaman informasi, validitas konseptual, relevansi konten dengan tujuan pembelajaran, dan integrasi bagian semuanya termasuk dalam elemen ini. Konten E-Modul disusun secara metodis, dimulai dengan gagasan mendasar tentang pencemaran lingkungan, termasuk sumber, efek, dan teknik mitigasinya. Penyajian konsep-konsep tersebut didukung dengan contoh nyata dan kegiatan berbasis deep learning seperti analisis kasus lingkungan sekitar. Validitas isi yang tinggi berperan penting dalam memastikan ketercapaian kompetensi dasar peserta didik. Validitas isi yang tinggi menjamin bahwa peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang bermakna dan sesuai dengan pendekatan deep learning (Nurhaliza et al., 2025)

Selain aspek kebenaran konsep, E-Modul ini juga menampilkan kelengkapan komponen pembelajaran yang mencakup tujuan, uraian materi, latihan, dan evaluasi formatif. “Penyusunan materi dalam modul ini mengikuti prinsip self-contained learning, yaitu peserta didik dapat belajar secara mandiri tanpa memerlukan sumber tambahan” (Latri, 2023). Penelitian oleh Zain (2024) juga menunjukkan bahwa kelengkapan struktur isi dalam E-Modul dapat meningkatkan efisiensi waktu belajar dan memperkuat pemahaman konsep. Hal ini tampak pada desain E-Modul yang menyertakan kegiatan refleksi dan diskusi mandiri sebagai bagian dari siklus pembelajaran mendalam.

Kelayakan isi juga dinilai dari kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran dan indikator keterampilan proses sains. E-modul ini secara konsisten mengaitkan konsep pencemaran lingkungan dengan keterampilan sains seperti observasi, analisis data, dan interpretasi fenomena alam. Menurut Parisu dan Juwairiyah. (2024), materi pembelajaran yang memadukan pengetahuan konseptual dan keterampilan proses mampu memperkuat literasi sains peserta didik. Oleh karena itu, materi E-Modul ini dimaksudkan untuk memotivasi siswa mengembangkan pemahaman ilmiah melalui penyelidikan aktif di samping menekankan penyampaian informasi.

“Dari hasil validasi dan telaah terhadap komponen isi, dapat disimpulkan bahwa E-Modul ini telah memenuhi lima karakteristik bahan ajar ideal, yaitu self-instructional, self-contained, stand-alone, adaptive, dan user-friendly” (Latri, 2023). Siswa dapat belajar secara fleksibel, mandiri, dan berkelanjutan karena lima faktor tersebut. Oleh karena itu, E-Modul berbasis Deep Learning tentang sub-materi pencemaran lingkungan diklasifikasikan sebagai sangat valid dan sesuai untuk digunakan sebagai sumber belajar utama dan tambahan dalam hal kelayakan konten. Kategori sangat valid ditunjukkan oleh skor rata-rata aspek kelayakan linguistik sebesar 4,00. Penggunaan bahasa Indonesia yang tepat, kejelasan kalimat, keterbacaan, kepatuhan PUEBI, dan kemampuan bahasa untuk mengkomunikasikan konten ilmiah secara efektif semuanya termasuk dalam evaluasi ini (Arvi dkk., 2025). Menurut Sukmawati dkk. (2025), bahasa dalam materi pembelajaran digital bertindak sebagai penghubung antara pengalaman konkret siswa dan gagasan abstrak.



Selain aspek keterbacaan, kejelasan makna juga menjadi fokus utama dalam validasi bahasa. E-Modul ini menghindari penggunaan istilah yang berpotensi menimbulkan tafsir ganda dan memastikan kesesuaian antara istilah ilmiah dan konteks penggunaannya. Menurut Sukmawati et al (2025) kejelasan bahasa sangat berpengaruh terhadap efektivitas komunikasi dalam media pembelajaran digital. Bahasa yang terorganisir dan jelas membantu perkembangan pemahaman anak secara bertahap. Dalam hal ini, setiap paragraf dalam modul dirancang untuk membimbing siswa dari ide-ide dasar ke tingkat pemahaman yang lebih lanjut.

Secara keseluruhan, temuan aspek validitas bahasa menunjukkan bahwa modul ini memenuhi persyaratan untuk pembelajaran bahasa yang efektif: komunikatif, efektif, dan sesuai dengan standar bahasa akademik. Hal ini mendukung temuan Pratami dkk. (2023) bahwa pemahaman konseptual siswa dapat ditingkatkan dengan penggunaan bahasa yang metodis dan signifikan dalam e-modul berbasis Deep Learning. Oleh karena itu, e-modul berbasis Deep Learning ini dianggap sangat valid dan tepat untuk digunakan dalam pendidikan sains berbasis digital di tingkat sekolah menengah atas dari perspektif linguistik.

Dengan skor rata-rata 4,00, aspek kesesuaian indikasi Keterampilan Proses Sains (KPS) diklasifikasikan sebagai sangat valid. Aspek ini menilai sejauh mana E-Modul memfasilitasi peserta didik untuk mengembangkan keterampilan ilmiah seperti mengamati, mengklasifikasikan, menafsirkan, merancang eksperimen, memprediksi, dan mengkomunikasikan hasil pengamatan. Dalam E-Modul berbasis *Deep Learning* ini, setiap kegiatan pembelajaran dirancang berbasis inkuiri dan eksplorasi fenomena pencemaran lingkungan di sekitar peserta didik. Temuan ini konsisten dengan penelitian oleh Nurmalasari dkk. (2024), yang menemukan bahwa keterampilan observasi dan analitis siswa dalam pembelajaran sains sangat ditingkatkan dengan penggunaan modul kontekstual berbasis sains.

Bentuk kegiatan pembelajaran, yang mengharuskan siswa untuk secara aktif mengidentifikasi masalah, membuat eksperimen dasar, dan menganalisis data, lebih lanjut menunjukkan hubungan antara e-modul dan teknik pembelajaran sains (KPS). Misalnya, dalam mata kuliah "Fitoremediasi," siswa diharuskan untuk mendokumentasikan data lapangan, mengamati peristiwa dunia nyata, dan menarik kesimpulan tentang hubungan sebab-akibat menggunakan metode ilmiah. Pembelajaran berbasis proyek atau eksperimen langsung yang termasuk dalam e-modul dapat merangsang minat siswa dan meningkatkan pemahaman prosedural mereka tentang proses ilmiah, menurut penelitian oleh Mutia dkk. (2025).

E-Module telah secara komprehensif mendukung pertumbuhan kemampuan ilmiah siswa, sesuai dengan temuan validitas keselarasan dengan indikator keterampilan proses sains (SPS). Validitas tinggi komponen ini menunjukkan bahwa e-module memiliki potensi yang baik untuk meningkatkan keterampilan berpikir ilmiah dan kesadaran lingkungan siswa, di samping kepraktisannya dari segi konten dan desain. Menurut Ramadan dkk. (2025), modul yang dibuat untuk mendidik SPS menggunakan teknik Deep Learning dapat mendorong karakteristik karakter ilmiah termasuk ketelitian, rasa ingin tahu, dan kepedulian lingkungan. Akibatnya, E-Module dianggap sangat sah dan berhasil untuk digunakan dalam pendidikan sains berbasis proyek.

Dengan skor rata-rata 4,00, fitur kesesuaian dengan prinsip Deep Learning diklasifikasikan sebagai sangat valid. Komponen ini mengevaluasi seberapa baik e-modul tersebut menggabungkan konsep deep learning seperti pembelajaran yang menyenangkan, penuh perhatian, dan bertujuan. Ketiga konsep panduan ini berfungsi sebagai landasan untuk menciptakan lingkungan pembelajaran yang bermakna dan introspektif. E-Modul berbasis Deep Learning pada sub-topik pencemaran lingkungan telah menggabungkan ketiganya melalui desain aktivitas berdasarkan refleksi, investigasi, dan analisis kasus kehidupan nyata, menurut temuan validasi. Kesimpulan ini konsisten dengan penelitian oleh Hidayat dkk. (2025), yang menunjukkan bahwa penggunaan prinsip deep learning dalam media digital dapat sangat meningkatkan keterlibatan emosional dan kognitif siswa..

Struktur konten e-modul, yang dimaksudkan untuk membantu siswa memahami materi pelajaran melalui pengalaman mereka dan fenomena di sekitar mereka, secara jelas menunjukkan gagasan pembelajaran yang bermakna. Siswa ditantang untuk meneliti bagaimana polusi memengaruhi lingkungan pribadi mereka, misalnya, dan kemudian menghubungkan pengamatan tersebut dengan gagasan ilmiah yang relevan. Pembelajaran berbasis makna membantu siswa mengembangkan gagasan representasional yang lebih kuat dan tahan lama dalam memori jangka panjang, menurut penelitian Fatmawaty (2024). Akibatnya, penggunaan gagasan ini dalam e-modul dapat membantu siswa dalam memperoleh pemahaman yang lebih dalam dan lebih efektif tentang konsep pencemaran lingkungan.

Pada akhir setiap subtopik, latihan refleksi digunakan untuk menerapkan konsep pembelajaran penuh kesadaran. Siswa didorong untuk memeriksa proses berpikir mereka, menemukan kekurangan konseptual, dan melakukan penyesuaian berdasarkan argumen dari sains. Hal ini konsisten dengan penelitian Dewi dkk. (2025), yang menemukan bahwa pembelajaran berbasis kesadaran dapat meningkatkan keterampilan metakognitif siswa. Pertanyaan terbuka dan

latihan analisis kasus digunakan dalam aktivitas refleksi E-Modul ini untuk membantu siswa tidak hanya mengingat materi tetapi juga secara sengaja mengevaluasi dan menganalisisnya.

Antarmuka yang dinamis, desain visual yang menarik, dan latihan berbasis praktikum semuanya mewujudkan gagasan pembelajaran yang menyenangkan, yang membuat pembelajaran menjadi menyenangkan dan bermakna. Pembelajaran yang menyenangkan meningkatkan retensi pengetahuan dan mengurangi kebosanan belajar, yang sangat bermanfaat dalam pendidikan sains, menurut Wiyanti dkk. (2025). Metode ini membantu mengubah opini siswa tentang sains dari menantang dan membosankan menjadi menarik dan menginspirasi. Lebih lanjut, sebagai fitur mendasar dari Deep Learning, e-modul ini menggabungkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS). Seperti yang ditekankan oleh Panca dan Parisu (2025), siswa dibantu dalam menganalisis, menilai, dan mengembangkan solusi berbasis sains untuk masalah lingkungan, mendorong pemikiran kritis, metodis, dan reflektif.

Secara keseluruhan, temuan validitas E-Modul berbasis Deep Learning pada subtopik pencemaran lingkungan diklasifikasikan sebagai sangat valid, dengan nilai rata-rata 100%. Hal ini menunjukkan bahwa modul yang dihasilkan memenuhi semua persyaratan kompatibilitas media pembelajaran, termasuk konten, presentasi, bahasa, dan kepatuhan terhadap konsep Deep Learning dan keterampilan proses sains. Menurut Triyono (2021), media pembelajaran dikatakan valid apabila memiliki konsistensi antara komponen isi, konstruk, dan tampilan. E-modul ini telah menunjukkan keselarasan tersebut secara menyeluruh, yang berarti layak digunakan dalam proses pembelajaran tanpa perlu revisi mayor. Temuan ini memperkuat bahwa media digital yang dirancang berbasis deep learning mampu menjawab kebutuhan pembelajaran abad ke-21 yang menuntut berpikir kritis, kolaboratif, dan reflektif (Panca dan Parisu, 2025).

Dari sudut pandang implementasi, validitas kuat e-modul ini menunjukkan bahwa media tersebut siap digunakan dalam eksperimen langsung dan pembelajaran berbasis proyek. Guru dapat memodifikasi kurikulum agar sesuai dengan situasi lokal dan karakteristik siswa dengan menggunakan e-modul berbasis pembelajaran mendalam. Wahyuni dkk. (2025) menyatakan bahwa karena materi pembelajaran yang valid dan adaptif dapat dimanfaatkan dalam berbagai cara, seperti pembelajaran campuran, pembelajaran berbasis proyek, dan pembelajaran mandiri, maka dapat meningkatkan efektivitas pengajaran. Akibatnya, e-modul ini mendukung berbagai paradigma pembelajaran kontemporer baik secara praktis maupun konseptual.

Secara keseluruhan, validitas yang diperoleh menunjukkan bahwa empat pilar pembelajaran digital berkualitas tinggi—kelayakan akademis, daya tarik visual, ketepatan bahasa, dan relevansi pedagogis—telah berhasil dimasukkan ke dalam e-modul ini. E-modul berbasis Deep Learning pada sub-topik pencemaran lingkungan dianggap sangat dapat diterima untuk digunakan dalam pembelajaran saat ini dan penelitian pengembangan di masa mendatang setelah menerima hasil uji validitas 100%. Pencapaian ini konsisten dengan temuan Jannah dan Atmojo (2022), yang menyoroti pentingnya media digital yang tervalidasi dengan baik dalam meningkatkan hasil pembelajaran sains, motivasi siswa, dan kemampuan berpikir kritis.

## PENUTUP

### Simpulan

Dengan skor validitas ahli rata-rata 100%, e-modul berbasis Deep Learning pada subtopik pencemaran lingkungan dinilai sangat valid dalam hal konten, presentasi, bahasa, dan kepatuhan terhadap prinsip-prinsip deep learning serta indikator keterampilan proses sains. Hal ini menunjukkan bahwa e-modul tersebut dapat digunakan sebagai alat pengajaran.

### Saran

Saat membuat modul elektronik untuk disiplin ilmu lain dengan indikator keterampilan proses sains yang lebih luas, studi ini dapat digunakan sebagai panduan. Untuk mendapatkan hasil yang lebih kuat dan dapat digeneralisasikan, disarankan agar peneliti di masa mendatang melakukan studi di banyak sekolah atau pada skala kelas yang lebih besar.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Sifak Indanai, M.Pd., dan Dra. Herlina Fitrihidajati, M.Si., yang bertindak sebagai validator dan dengan murah hati memberikan saran dan masukan untuk E-Modul yang telah dibuat.

## DAFTAR PUSTAKA

Akhir, M., & Paidia, A. (2025). Interactive Learning Media Based on Google Slides for Fifth-Grade Indonesian Language



Classes: Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Google Slides pada Pembelajaran Bahasa Indonesia Kelas V. *Indonesian Journal of Innovation Studies*, 26(4), 10-21070.

- Akmal, A. N., & Maelasari, N. (2025). Pemahaman Deep Learning dalam Pendidikan: Analisis Literatur melalui Metode Systematic Literature Review (SLR). *JIIP: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(4), 1150–1161. <http://www.jiip.stkipyapisdompu.ac.id/jiip/index.php/JIIP/article/view/7442>
- Arvi, M. D., Febriana, I., Anisa, N. H., Marpaung, T. C., Siagian, I. M., & Napitupulu, I. P. (2025). Pengaruh pemahaman bahasa indonesia dan literasi pada pembelajaran sains sebagai alat komunikasi ilmiah berbasis literatur. *Kopula: Jurnal Bahasa, Sastra, Dan Pendidikan*, 7(1), 260–268. <https://doi.org/10.29303/kopula.v7i1.6383>
- Atmojo, I. R. W., & Muzzazinah, M. (2025). Pelatihan Implementasi Pendekatan Pembelajaran Deep Learning untuk Meningkatkan Kompetensi Pedagogik Guru SD di Kota Surakarta. *Jurnal Pengabdian Undikma*, 6(1), 14–22.
- Aulia, N., & Akmal, A. U. (2024). Pengembangan Bahan Ajar Menggunakan Aplikasi Flip Pdf Corporate Pada Pembelajaran Ips Di Kelas Iv Sekolah Dasar. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 9(3), 255-264.
- Dayyana, S., Haryadi, H., & Deby Luriawati, N. (2022). Media Pembelajaran Berbasis Multimedia Interaktif Pada Pembelajaran Menulis Teks Deskripsi Bermuatan Budaya Lokal. *Jurnal Sastra*, 11(2), 163-77.
- Dewi, A. R., Maily, M. E. W., Safitri, F. N. C., Zaitunnah, P. N., Mala, Z. L., & Suttrisno, S. (2025). Deep Learning Dalam Pembelajaran Mi Tinjauan Literatur Dalam Meaningful Learning Mindful Learning Dan Joyful Learning. *Jurnal Kepemimpinan dan Pengurusan Sekolah*, 10(2), 584-592.
- Fadhilah, A., Permana, I., & Handayani, R. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality Pada Materi Sistem Pencernaan Manusia. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(02), 700-712.
- Faiz, A., & Kurniawaty, I. (2022). Urgensi pendidikan nilai di era globalisasi. *Jurnal Basicedu*, 6(3).
- Fakhri, A. (2023) “Kurikulum Merdeka dan Pengembangan Perangkat Pembelajaran : Menjawab Tantangan Sosial dalam Meningkatkan Keterampilan Abad 21,” *C.E.S (Confrence Of Elementary Studies)*, 1(1), hal. 32–40.
- Fatmawaty, F. (2024). Deep Learning: Sebuah Pendekatan untuk Pembelajaran Bermakna. *Harmoni Pendidikan: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 1(1), 71-85.
- Hartoto, M., Mulyono, D., & Syafutra, W. (2021). Pengembangan modul pembelajaran atletik berbantuan QR code. *Edu Sportivo: Indonesian Journal of Physical Education*, 2(1), 51-60.
- Hasanah, U., & Fitrihidajati, H. (2020). Pengembangan Booklet Berbasis Scientific Literacy Materi Pencemaran Lingkungan untuk Siswa Kelas X SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, 9(1), 45–55. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/bioedu/article/download/36777/32608>
- Hidayat, M. A., Agustin, D. T., Hana, N., Ramadhani, R., & Pratiwi, D. A. (2025). Keunggulan Implementasi Kurikulum Merdeka Berbasis Pendekatan Deep Learning di SDN 1 Sungai Besar. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(2), 251-264.
- Jannah, D. R. N., & Atmojo, I. R. W. (2022). Media digital dalam memberdayakan kemampuan berpikir kritis abad 21 pada pembelajaran IPA di sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 6(1), 1064-1074.
- Jayatri, S. N., & Safitri, D. (2025). Tantangan dan Peluang Penggunaan Deep Learning dalam Pembelajaran IPS di Era Digital. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/393500739>
- Kemendikbudristek.(2023).“Kurikulum Merdeka Keleluasaan Pendidik Dan Pembelajaran Berkualitas.”. <https://kurikulum.kemdikbud.go.id/kurikulum-merdeka/>.
- Kemendikdasmen.(2025). Permendikdasmen No 10 Tahun 2025 Tentang Standar Kelulusan Siswa. [https://jdih.kemendikdasmen.go.id/detail\\_peraturan?main=3530](https://jdih.kemendikdasmen.go.id/detail_peraturan?main=3530)
- Kemendikdasmen.(2025). Permendikdasmen No 11 Tahun 2025 Tentang Standar Kelulusan Siswa. [https://jdih.kemendikdasmen.go.id/detail\\_peraturan?main=3530](https://jdih.kemendikdasmen.go.id/detail_peraturan?main=3530)
- Kemendikdasmen.(2025). Permendikdasmen No 13 Tahun 2025 Tentang Standar Kelulusan Siswa. [https://jdih.kemendikdasmen.go.id/sjdih/siperpu/dokumen/salinan/Permendikdasmen\\_No\\_13\\_Tahun\\_2025\\_ttg\\_Perubahan\\_atas\\_Permendikbudristek\\_No\\_12\\_Tahun\\_2024\\_ttg\\_Kurikulum\\_pada\\_Pendidikan\\_Anak\\_Usia\\_Dini\\_Jenjang\\_Dikdasmen.pdf](https://jdih.kemendikdasmen.go.id/sjdih/siperpu/dokumen/salinan/Permendikdasmen_No_13_Tahun_2025_ttg_Perubahan_atas_Permendikbudristek_No_12_Tahun_2024_ttg_Kurikulum_pada_Pendidikan_Anak_Usia_Dini_Jenjang_Dikdasmen.pdf)
- Lastri, Y. (2023). Pengembangan dan pemanfaatan bahan ajar e-modul dalam proses pembelajaran. *Jurnal Citra Pendidikan*, 3(3), 1139-1146



- Mailani, E., Rarastika, N., & Saragih, H. A. (2025). Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas 3 SD melalui Pembelajaran Matematika dengan Pendekatan Deep Learning dan Media Interaktif. *Jurnal Global Science*, 5(2), 23–35.
- Melita Rahardjo, M. (2019) “Implementasi Pendekatan Saintifik Sebagai Pembentuk Keterampilan Proses Sains Anak Usia Dini,” *Scholaria: Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 9(2), hal. 148–159.
- Mourin, L., Gunta, A. B., Naafi, M. R. I., Putri, A., Pratama, A. R., & Nurhayati, E. (2024). Ekplorasi Pengaruh Warna Terhadap Perkembangan Psikologi dan Mental Anak di SDN Kalirungkut 1 Surabaya. *Socius: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Sosial*, 2(5).
- Mustapa, A., & Santoso, J. T. B. (2025). Efektivitas media pembelajaran berbasis Google Sites dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa kelas X. *Jurnal Pendidikan Ekonomi (JUPE)*, 13(3), 259-272
- Nikat, R.F. dan Sumanik, N.B. (2021) “Dedication: Jurnal Pengabdian Masyarakat Pelatihan Pembuatan E-Modul Terintegrasi Media Pembelajaran Untuk Menunjang Kompetensi Inovatif Guru Di SMPN 3 Merauke Rikardus Feribertus Nikat 1),” *Dedication : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(2), hal. 273–282.
- Nurhaliza, E., Patmawati, H., & Yulianto, E. (2025). Pengaruh Self-Efficacy dan Habits of Learning Terhadap Kemampuan Computational Thinking. Kognitif: *Jurnal Riset HOTS Pendidikan Matematika*, 5(2).
- Nurmalasari, N., Radiah, R., Rahmawati, R., & Darmaniar, D. (2024). Penerapan Pembelajaran Kontekstual Berbasis Demonstrasi dalam Meningkatkan Hasil Belajar IPA dan Kemampuan Literasi Sains Siswa. *Cokroaminoto Journal of Primary Education*, 7(2), 495-505
- Panca, I. G., & Parisu, C. Z. L. (2025). Implementasi Pendekatan Pembelajaran Mendalam dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *Journal of Humanities, Social Sciences, and Education*, 1(7), 32-43.
- Parisu, C. Z. L., Sisi, L., & Juwairiyah, A. (2025). pengembangan literasi sains pada siswa sekolah dasar melalui pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan Multidisiplin*, 1(1), 11-19.
- Pratami, F., Sari, N. D., Akhadiyah, S., & Dewi, D. P. (2023). Pengembangan E-Modul Interaktif: Penerapan Kearifan Lokal dan Profil Pelajar Pancasila dalam Materi Teks Argumentasi Kelas XI Fisnia. *Hortatori Jurnal Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia*, 7, 221-228.
- Rahman, S. A. (2021). Pengembangan E-Modul Matematika Dengan Menggunakan Software Flip PDF Profesional Pada Materi Bentuk Aljabar (*Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau*).
- Ramadan, Z. H., Putri, M. E., & Nukman, M. (2025). *Pendekatan Pembelajaran Deep Learning Di Sekolah Dasar (Teori Dan Aplikasi)*. Greenbook Publisher.
- Ricu Sidiq dan Najuah (2020) “Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis Android pada Mata Kuliah Strategi Belajar Mengajar,” *Jurnal Pendidikan Sejarah*, 9(1), hal. 1–14. Tersedia pada: <https://doi.org/10.21009/jps.091.01>
- Santiawati, S., Yasir, M., Hidayati, Y., & Hadi, W. P. (2022). Analisis keterampilan proses sains siswa smp negeri 2 burneh. *Natural Science Education Research*, 4(3), 222-230.
- Sari, P. K., & Sutihat, S. (2022). Pengembangan e-modul berbasis STEAM untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi pada pembelajaran tematik di sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(3), 509-526.
- Sukmawati, F., Ridhani, J., & Trisnaningsih, S. (2025). *Desain dan Evaluasi Bahan Ajar Digital: Panduan Lengkap dari Konsep ke Kelas*. Pradina Pustaka
- Triyono, S. (2021). *Dinamika penyusunan e-modul*. Penerbit Adab
- Wahyuni, T., Shakila, Z., Almatasya, S. A. P., & Halim, A. (2025). Model Pembelajaran Berbasis Teknologi untuk Meningkatkan Literasi Digital Siswa. Al-Hasib: *Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 2(1), 108-115.
- Wiyanti, E. T., Rochim, R., & Chisbulloh, C. (2025). Joyful Learning dalam Meningkatkan Minat Belajar pada Siswa Madrasah Ibtidaiyah. *Jurnal Ilmiah Penelitian Mahasiswa*, 3(5), 702-714.
- Yunita, L., & Mandasari, N. (2025). Pendidikan Sains Berorientasi Keterampilan Abad 21 dalam Konteks Pendidikan Tinggi. *Panthera: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*, 5(1), 40-49.
- Zain, D. (2024). Pengembangan E-Modul Berbasis Smart Apps Creator 3 untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Peserta Didik Kelas VIII MTs.

Zalukhu, D. S. Pengaruh Model Think Pair Share Berbasis Deep Learning terhadap Kemampuan HOTS (High Order Thinking Skill) Matematika Peserta Didik pada Materi Peluang Kelas VI di MIN 1 Batu Bara (*Bachelor's thesis, Jakarta*= Fitk Uin Syarif Hidayatullah Jakarta).

