



## Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis STEM untuk Meningkatkan Literasi Sains dan Digital Siswa Madrasah Aliyah

Yusrol Hana

STIT Bustanul Arifin

\*[emailpenulis: hnyusrol@gmail.com](mailto:hnyusrol@gmail.com)

Diterima: Agustus 2025

Disetujui: September 2025

Dipublikasikan: September 2025

### ABSTRACT

*Learning Natural and Social Sciences (IPAS) in the Merdeka Curriculum Era requires an innovative approach. However, the practice in the field is still dominated by conventional methods that do not involve students. This study aims to develop and test the feasibility and effectiveness of integrated learning packages that combine project-based teaching materials with media augmented reality (AR) for elementary/MI students. This study uses research and development methods (R&D) with a systematic ADDIE model. Research data sources involve material experts, media experts, class V teachers, and grade V SD/MI students as research and trial subjects. The results showed that the IPAS-PROAR learning package developed was declared very feasible by the expert validator and was very practical for use by teachers and students based on the response questionnaire analysis. Furthermore, the product is proven to be significantly effective in improving student learning outcomes, which is demonstrated by the achievement of the average N-Gain Score in the high category. This finding implies that the integration of project-based pedagogy with AR technology is a potential solution to create active, meaningful, and in accordance with the demands of 21st-century skills.*

**Keywords:** *Learning Media, IPAS SD/MI, Augmented Reality*

### ABSTRAK

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) di era Kurikulum Merdeka menuntut pendekatan inovatif, namun praktik di lapangan masih didominasi metode konvensional yang kurang melibatkan siswa. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan serta menguji kelayakan dan efektivitas paket pembelajaran terintegrasi yang menggabungkan bahan ajar berbasis proyek dengan media Augmented Reality (AR) untuk siswa SD/MI. Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (R&D) dengan model ADDIE yang sistematis. Sumber data penelitian melibatkan ahli materi, ahli media, guru kelas V, dan siswa kelas V SD/MI sebagai subjek penelitian dan uji coba. Hasil penelitian menunjukkan bahwa paket pembelajaran IPAS-ProAR yang dikembangkan dinyatakan sangat layak oleh validator ahli dan sangat praktis untuk digunakan oleh guru maupun siswa berdasarkan analisis angket respons. Lebih lanjut, produk terbukti efektif secara signifikan dalam meningkatkan hasil belajar IPAS siswa, yang ditunjukkan oleh pencapaian rerata N-Gain Score pada kategori tinggi. Temuan ini mengimplikasikan bahwa integrasi pedagogi berbasis proyek dengan teknologi AR merupakan solusi potensial untuk menciptakan pembelajaran IPAS yang aktif, bermakna, dan sesuai dengan tuntutan keterampilan abad ke-21.

**Kata Kunci:** *Media Pembelajaran, IPAS SD/MI, Augmented Reality*

### PENDAHULUAN

Abad ke-21 ditandai oleh disrupsi teknologi dan konstelasi tantangan global yang menuntut transformasi fundamental pada sektor pendidikan. Era Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0 telah menjadikan penguasaan literasi sains dan literasi digital bukan lagi sebagai pilihan, melainkan sebuah imperatif bagi generasi muda untuk dapat

berpartisipasi aktif dan kompetitif. Namun, realitas empiris di Indonesia menunjukkan tantangan signifikan dalam pencapaian kedua kompetensi krusial tersebut. Data dari Programme for International Student Assessment (PISA) secara konsisten menempatkan Indonesia pada peringkat bawah dalam kemampuan literasi sains, mengindikasikan adanya kesenjangan antara tuntutan zaman dengan kapabilitas yang dimiliki oleh peserta didik pada jenjang pendidikan menengah.

Konteks spesifik pada lembaga pendidikan berciri khas Islam, seperti Madrasah Aliyah (MA), menghadirkan dinamika yang unik. Madrasah Aliyah memiliki mandat ganda: mencetak generasi yang kokoh dalam nilai-nilai keislaman sekaligus unggul dalam penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK). Tantangannya adalah bagaimana mengintegrasikan pembelajaran sains modern yang relevan dengan kebutuhan zaman tanpa menceraabutnya dari akar spiritual dan nilai-nilai keislaman. Fenomena ini menuntut adanya inovasi pedagogis yang tidak hanya mengejar ketertinggalan dalam literasi sains dan digital, tetapi juga mampu menyajikannya dalam sebuah kerangka yang kontekstual dan menarik bagi siswa madrasah, sehingga pembelajaran sains tidak dipandang sebagai entitas yang terpisah dari keimanan.

Untuk menjawab tantangan tersebut, pendekatan pembelajaran *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) menawarkan sebuah kerangka kerja yang holistik dan relevan. STEM tidak memandang sains, teknologi, rekayasa, dan matematika sebagai disiplin ilmu yang terisolasi, melainkan sebagai sebuah ekosistem pengetahuan yang terintegrasi untuk memecahkan masalah-masalah autentik di dunia nyata. Implementasi STEM mendorong siswa untuk berpikir kritis, berkolaborasi, dan berinovasi—keterampilan esensial abad ke-21. Pengintegrasian pendekatan ini ke dalam bahan ajar digital, seperti e-modul, menjadi sebuah langkah strategis untuk mengakselerasi pencapaian tujuan pembelajaran di era digital.

Secara konseptual, e-modul interaktif merupakan evolusi dari modul pembelajaran konvensional yang diperkaya dengan unsur-unsur multimedia (audio, video, animasi, simulasi) dan navigasi non-linear yang memungkinkan siswa untuk belajar secara mandiri (*self-paced learning*) dan aktif. Berbeda dari sekadar buku elektronik statis (PDF), e-modul interaktif memfasilitasi keterlibatan kognitif yang lebih dalam melalui fitur umpan balik instan, kuis adaptif, dan simulasi virtual. Ketika e-modul ini dirancang dengan basis pendekatan STEM, ia menjadi medium yang poten untuk menyajikan konsep-konsep

sains yang abstrak menjadi lebih konkret dan aplikatif, menghubungkannya langsung dengan aspek teknologi, rekayasa, dan pemodelan matematis.

Di sisi lain, variabel dependen dalam penelitian ini, yakni literasi sains dan literasi digital, merupakan dua pilar kompetensi yang saling menguatkan. Literasi sains, sebagaimana didefinisikan oleh PISA, adalah kapasitas individu untuk menggunakan pengetahuan ilmiah, mengidentifikasi pertanyaan, dan menarik kesimpulan berbasis bukti untuk memahami dan membuat keputusan tentang alam dan perubahan yang dilakukan terhadapnya oleh aktivitas manusia. Sementara itu, literasi digital mencakup kemampuan untuk menemukan, mengevaluasi, memanfaatkan, membuat, dan mengomunikasikan informasi menggunakan teknologi digital. Dalam konteks e-modul berbasis STEM, siswa tidak hanya belajar konten sains (meningkatkan literasi sains), tetapi juga belajar *dengan* dan *melalui* teknologi (meningkatkan literasi digital).

Berdasarkan observasi awal yang dilakukan peneliti di beberapa Madrasah Aliyah di wilayah Jawa Barat, ditemukan bahwa proses pembelajaran sains masih cenderung berjalan secara konvensional. Penggunaan bahan ajar masih didominasi oleh buku teks cetak dan Lembar Kerja Siswa (LKS) yang padat teks dan minim visualisasi. Meskipun beberapa guru telah memanfaatkan teknologi, penggunaannya seringkali terbatas pada presentasi *slide* (PowerPoint) yang bersifat satu arah atau penugasan mencari informasi di internet tanpa bimbingan yang terstruktur. Implikasi dari kondisi ini adalah rendahnya keterlibatan siswa, kesulitan dalam memahami konsep-konsep sains yang kompleks, dan ketidakmampuan untuk menghubungkan materi pelajaran dengan fenomena dalam kehidupan sehari-hari. Siswa memiliki perangkat digital, namun pemanfaatannya untuk pembelajaran yang bermakna belum optimal, yang mengindikasikan adanya urgensi untuk intervensi pedagogis berbasis teknologi.

Sejumlah penelitian relevan telah mengkaji pengembangan dan implementasi bahan ajar digital di Indonesia. Pertama, penelitian oleh Astuti, dkk. (2019) mengembangkan e-modul berbasis *problem-based learning* pada mata pelajaran Fisika dan menemukan bahwa e-modul tersebut efektif dalam meningkatkan hasil belajar kognitif siswa SMA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa yang menggunakan e-modul memiliki rata-rata nilai *post-test* yang lebih tinggi secara signifikan dibandingkan dengan kelas kontrol. Kedua, penelitian yang dilakukan oleh Pratiwi & Rochmad (2022) berfokus pada penerapan pendekatan STEM melalui proyek untuk meningkatkan

kemampuan berpikir kreatif siswa SMP. Studi ini menyimpulkan bahwa pembelajaran berbasis proyek STEM berhasil menstimulasi daya kreativitas dan kemampuan pemecahan masalah siswa secara nyata. Ketiga, Hidayat, dkk. (2020) meneliti tentang tingkat literasi digital di kalangan siswa madrasah dan menemukan bahwa meskipun siswa mahir dalam penggunaan media sosial, kemampuan mereka dalam mengevaluasi informasi dan menggunakan teknologi untuk tujuan akademik masih perlu ditingkatkan.

Meskipun penelitian-penelitian sebelumnya telah memberikan kontribusi penting, terdapat celah penelitian (*research gap*) yang belum terisi secara komprehensif. Penelitian oleh Astuti, dkk. (2019) fokus pada e-modul namun belum mengintegrasikan pendekatan STEM secara eksplisit. Penelitian Pratiwi & Rochmad (2022) telah menerapkan STEM, namun belum dalam format bahan ajar mandiri berupa e-modul interaktif yang dapat digunakan secara fleksibel. Sementara itu, Hidayat, dkk. (2020) mengidentifikasi masalah literasi digital, namun belum menawarkan solusi pengembangan produk berupa bahan ajar spesifik untuk mengatasinya. Proposisi kebaruan (*novelty*) dalam penelitian ini terletak pada pengembangan produk tunggal yang mengintegrasikan tiga elemen krusial: (1) format e-modul yang interaktif, (2) pendekatan pembelajaran STEM yang terpadu, dan (3) sasaran ganda untuk meningkatkan literasi sains dan literasi digital secara simultan, dengan lokus penelitian yang spesifik pada siswa Madrasah Aliyah.

Berdasarkan urgensi permasalahan, celah penelitian yang teridentifikasi, dan potensi inovasi yang ditawarkan, maka penelitian ini diajukan. Judul "Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis STEM untuk Meningkatkan Literasi Sains dan Digital Siswa Madrasah Aliyah" dipilih untuk merefleksikan secara akurat inti dari upaya penelitian ini. Dengan demikian, tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan sebuah produk e-modul interaktif berbasis STEM yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan literasi sains dan literasi digital siswa Madrasah Aliyah, sehingga dapat menjadi salah satu alternatif solusi inovatif bagi problematika pembelajaran sains di era digital.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini mengadopsi jenis penelitian dan pengembangan atau *Research and Development* (R&D). Pendekatan ini dipilih secara sadar karena tujuan utama penelitian bukan sekadar untuk mendeskripsikan atau menguji hipotesis terhadap sebuah fenomena, melainkan untuk menghasilkan sebuah produk konkret—dalam hal ini e-modul interaktif

berbasis STEM—serta menguji validitas, kepraktisan, dan efektivitas produk tersebut dalam konteks pembelajaran yang sesungguhnya. Prosedur pengembangan dalam penelitian ini mengadaptasi model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation*) yang bersifat sistematis dan terstruktur. Penggunaan model R&D ini secara inheren mengombinasikan pendekatan kuantitatif dan kualitatif secara sekuensial, sebuah strategi yang diakui mampu memberikan pemahaman yang lebih komprehensif terhadap permasalahan penelitian yang kompleks (Yusuf, 2017). Kerangka kerja metodologis ini memungkinkan peneliti untuk tidak hanya menciptakan produk, tetapi juga memastikan produk tersebut relevan dengan kebutuhan lapangan dan terbukti berdaya guna secara empiris, sebagaimana diuraikan dalam berbagai literatur metodologi penelitian (Haryono et al., 2024).

Sumber data dalam penelitian ini terdiri atas data kualitatif dan kuantitatif yang diperoleh dari subjek penelitian yang relevan. Subjek penelitian melibatkan validator ahli, praktisi pendidikan, dan siswa Madrasah Aliyah. Validator ahli terdiri atas dua orang pakar dalam bidang materi sains dan dua orang pakar dalam bidang media pembelajaran, yang dipilih berdasarkan kepakaran dan rekam jejak akademis mereka. Praktisi pendidikan yang dilibatkan adalah guru mata pelajaran sains di madrasah lokasi penelitian. Adapun subjek uji coba produk adalah siswa kelas XI Madrasah Aliyah di Kabupaten Bandung yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*, dengan pertimbangan bahwa kelas tersebut telah memiliki bekal pengetahuan awal yang memadai untuk materi yang diintegrasikan dalam e-modul dan menunjukkan representasi dari permasalahan yang diidentifikasi pada tahap analisis kebutuhan.

Teknik pengumpulan data disesuaikan dengan setiap tahapan dalam model ADDIE. Pada tahap *Analysis*, data kualitatif dijarah melalui wawancara semi-terstruktur dengan guru sains untuk mengidentifikasi kebutuhan dan tantangan pembelajaran, serta observasi partisipatoris di dalam kelas untuk memahami dinamika proses belajar-mengajar yang berlangsung (Sariman et al., 2024). Pada tahap *Development*, data kuantitatif dikumpulkan menggunakan instrumen angket validasi produk yang diberikan kepada para ahli materi dan media. Angket ini menggunakan skala Likert untuk mengukur kelayakan isi, konstruksi, bahasa, dan tampilan e-modul. Selanjutnya, pada tahap *Implementation* dan *Evaluation*, data kepraktisan produk diperoleh melalui angket respons guru dan siswa, sementara data efektivitas produk dikumpulkan menggunakan

instrumen tes dalam bentuk *pre-test* dan *post-test* untuk mengukur peningkatan literasi sains dan literasi digital siswa sebelum dan sesudah intervensi menggunakan e-modul.

Analisis data dilakukan secara terpisah sesuai dengan jenis datanya. Data kualitatif yang berasal dari wawancara dan observasi dianalisis menggunakan model interaktif yang meliputi tiga komponen utama: reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan atau verifikasi (Ghony et al., 2020). Proses ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola-pola dan tema-tema kunci yang menjadi dasar bagi perancangan produk (Hasan et al., 2013). Untuk data kuantitatif, data hasil validasi ahli dan angket respons kepraktisan dianalisis menggunakan statistik deskriptif. Skor dari setiap item pada angket diubah menjadi data kuantitatif dalam bentuk persentase, yang kemudian diinterpretasikan ke dalam kategori kualitatif (misalnya: sangat valid, valid, cukup valid) berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan (Auliya et al., 2020). Sementara itu, data efektivitas dari hasil *pre-test* dan *post-test* dianalisis menggunakan statistik inferensial, yaitu uji-t sampel berpasangan (*paired sample t-test*) untuk mengetahui signifikansi perbedaan skor sebelum dan sesudah perlakuan. Peningkatan juga diukur dengan menghitung skor *Normalized Gain* (N-gain) untuk menentukan kategori peningkatan. Analisis ini relevan untuk melihat dampak implementasi sebuah model, seperti yang juga diperlukan dalam kajian efektivitas model STEAM terhadap minat belajar (Nadifah, 2024).

Untuk menjamin keabsahan data, penelitian ini menerapkan beberapa teknik pemeriksaan. Keabsahan data kualitatif pada tahap analisis kebutuhan dipastikan melalui triangulasi sumber, yakni dengan membandingkan data hasil wawancara dengan guru dengan data hasil observasi kegiatan siswa di kelas. Untuk data kuantitatif, keabsahan instrumen diuji sebelum digunakan dalam penelitian utama. Instrumen tes untuk mengukur literasi sains dan digital divalidasi oleh ahli (validitas isi), kemudian diuji cobakan pada sampel terbatas untuk menguji validitas butir soal menggunakan korelasi *Pearson Product-Moment* dan reliabilitasnya menggunakan koefisien *Cronbach's Alpha*. Langkah-langkah metodologis yang ketat ini ditempuh untuk memastikan bahwa produk yang dikembangkan tidak hanya inovatif, tetapi juga dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan memberikan kontribusi yang valid bagi praktik pendidikan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Hasil Penelitian**

Hasil penelitian disajikan secara sistematis sesuai dengan tujuan penelitian, meliputi data validitas, kepraktisan, dan efektivitas e-modul interaktif berbasis STEM.

### 1. Validitas E-Modul Interaktif Berbasis STEM

Validitas produk diukur melalui penilaian oleh empat validator ahli, yang terdiri dari dua ahli materi (sains) dan dua ahli media pembelajaran. Penilaian mencakup aspek kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, dan kegrafisan. Data kuantitatif dari angket validasi dianalisis secara deskriptif dan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Validasi Ahli terhadap E-Modul

No.	Aspek yang Dinilai	Rata-Rata Skor Ahli Materi (%)	Kategori	Rata-Rata Skor Ahli Media (%)	Kategori
1	Kelayakan Isi	91.5%	Sangat Valid	-	-
2	Kelayakan Kebahasaan	88.0%	Sangat Valid	89.5%	Sangat Valid
3	Kelayakan Penyajian	90.5%	Sangat Valid	92.0%	Sangat Valid
4	Kelayakan Kegrafisan	-	-	93.5%	Sangat Valid
	Rata-Rata Total	90.0%	Sangat Valid	91.7%	Sangat Valid

Berdasarkan Tabel 1, skor rata-rata total dari ahli materi adalah 90.0% dan dari ahli media adalah 91.7%. Kedua hasil ini masuk dalam kategori "Sangat Valid". Selain data kuantitatif, masukan kualitatif dari validator—seperti saran untuk memperkaya konteks keislaman dalam contoh penerapan STEM dan optimalisasi responsivitas antarmuka pada berbagai perangkat—digunakan sebagai dasar untuk merevisi dan menyempurnakan produk sebelum diuji cobakan.

### 2. Kepraktisan E-Modul Interaktif Berbasis STEM

Kepraktisan e-modul dinilai berdasarkan respons guru dan siswa setelah produk diimplementasikan dalam pembelajaran. Data dijaring melalui angket kepraktisan yang mengukur aspek kemudahan penggunaan, efisiensi waktu, dan kemenarikan. Hasil analisis data kepraktisan dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Kepraktisan E-Modul

No.	Responden	Aspek yang Dinilai	Rata-Rata Skor (%)	Kategori
-----	-----------	--------------------	--------------------	----------

1.	Guru Sains (n=2)	Kemudahan Penggunaan	92.5%	Sangat Praktis
		Efisiensi Waktu	89.0%	Sangat Praktis
2.	Siswa (n=30)	Kemudahan Penggunaan	88.5%	Sangat Praktis
		Kemenarikan Tampilan & Fitur	91.0%	Sangat Praktis
	Rata-Rata Total		90.3%	Sangat Praktis

Hasil pada Tabel 2 menunjukkan bahwa e-modul memperoleh skor kepraktisan rata-rata total sebesar 90.3%, yang tergolong dalam kategori "Sangat Praktis". Baik guru maupun siswa memberikan respons positif, menyoroti bahwa navigasi yang intuitif, instruksi yang jelas, serta fitur interaktif seperti simulasi dan kuis formatif sangat membantu dalam proses pembelajaran mandiri.

### 3. Efektivitas E-Modul dalam Meningkatkan Literasi Sains dan Digital

Efektivitas e-modul diukur melalui analisis selisih skor pre-test dan post-test literasi sains dan literasi digital siswa. Analisis data menggunakan uji-t sampel berpasangan dan perhitungan N-gain. Hasil analisis statistik disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Efektivitas E-Modul

Variabel	Rata-Rata Pre-test	Rata-Rata Post-test	Sig. (2-tailed)	N-gain	Kategori
Literasi Sains	45.82	80.15	0.000	0.63	Sedang
Literasi Digital	51.20	85.60	0.000	0.71	Tinggi

Hasil uji-t menunjukkan nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) sebesar 0.000 untuk kedua variabel, yang lebih kecil dari  $\alpha = 0.05$ . Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara skor sebelum dan sesudah penggunaan e-modul. Perhitungan N-gain menunjukkan peningkatan literasi sains berada pada kategori "Sedang" (0.63), sementara peningkatan literasi digital berada pada kategori "Tinggi" (0.71). Temuan ini membuktikan bahwa e-modul yang dikembangkan efektif dalam meningkatkan kedua literasi tersebut.

## Pembahasan

### 1. Validitas dan Karakteristik Unggul E-Modul Interaktif Berbasis STEM

Tingkat validitas yang sangat tinggi dari e-modul ini, sebagaimana divalidasi oleh para ahli, dapat diatribusikan pada keselarasan antara prinsip desain instruksional dengan kerangka kerja STEM. Pencapaian skor di atas 90% pada aspek kelayakan isi dan penyajian mengonfirmasi bahwa integrasi masalah-masalah kontekstual yang relevan dengan kehidupan siswa madrasah berhasil mentransformasikan konsep sains abstrak menjadi lebih konkret dan bermakna. Temuan ini sejalan dengan teori belajar konstruktivisme yang menyatakan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh pembelajar melalui interaksi dengan lingkungannya (Piaget, 1977). E-modul ini tidak menyajikan informasi sebagai fakta final, melainkan memfasilitasi proses penemuan melalui simulasi interaktif dan studi kasus virtual, mendorong siswa untuk membangun pemahaman mereka sendiri.

Dari perspektif desain media, skor validitas kegrafisan dan penyajian yang sangat tinggi juga memperkuat prinsip-prinsip Cognitive Theory of Multimedia Learning yang dikemukakan oleh Mayer (2009). Prinsip-prinsip seperti multimedia principle (penggunaan gambar dan teks lebih baik daripada teks saja), contiguity principle (penempatan teks dan gambar berdekatan), dan modality principle (penggunaan narasi audio dan animasi) diterapkan secara konsisten. Penggunaan video eksperimen, animasi proses, dan navigasi non-linear mengurangi beban kognitif (cognitive load) siswa, sehingga sumber daya mental mereka dapat difokuskan pada pemahaman materi. Dengan demikian, validitas e-modul ini bukan hanya soal kelengkapan materi, tetapi juga soal efektivitas penyajiannya dalam memfasilitasi proses kognitif.

## **2. Kepraktisan E-Modul sebagai Instrumen Pedagogis di Era Digital**

Kategori "Sangat Praktis" yang diberikan oleh guru dan siswa menunjukkan bahwa e-modul ini berhasil menjawab kebutuhan riil di lapangan. Bagi guru, e-modul ini berfungsi sebagai suplemen yang efektif untuk mengatasi keterbatasan waktu tatap muka dan menyediakan materi pengayaan yang terstruktur. Temuan ini mendukung konsep Blended Learning, di mana teknologi digital dimanfaatkan untuk melengkapi pembelajaran konvensional, menciptakan ekosistem belajar yang lebih fleksibel dan personal (Staker & Horn, 2012). Guru dapat memposisikan diri sebagai fasilitator, sementara e-modul mengakomodasi pembelajaran mandiri siswa.

Dari sisi siswa, kemudahan penggunaan dan kemenarikan fitur sejalan dengan teori Technology Acceptance Model (TAM) yang menyatakan bahwa persepsi kemudahan

penggunaan (perceived ease of use) dan persepsi kebermanfaatan (perceived usefulness) adalah prediktor utama penerimaan teknologi oleh pengguna (Davis, 1989). Antarmuka yang ramah pengguna dan umpan balik instan pada kuis formatif memberikan rasa kontrol dan pencapaian kepada siswa, yang pada gilirannya meningkatkan motivasi belajar mereka. Ini adalah divergensi yang signifikan dari bahan ajar cetak yang statis dan satu arah, menunjukkan bahwa desain yang berpusat pada pengguna (user-centered design) adalah kunci keberhasilan implementasi teknologi pendidikan.

### **3. Analisis Peningkatan Literasi Sains dan Digital melalui Intervensi E-Modul**

Peningkatan signifikan pada literasi sains dan digital adalah temuan inti dari penelitian ini. Peningkatan literasi sains pada kategori "Sedang" (N-gain = 0.63) dapat dijelaskan melalui implementasi pendekatan STEM. E-modul ini secara konsisten menantang siswa dengan masalah-masalah otentik yang mengharuskan mereka untuk menerapkan konsep ilmiah (Sains), menggunakan alat digital (Teknologi), merancang solusi (Rekayasa), dan menganalisis data (Matematika). Proses ini sejalan dengan kerangka kerja literasi sains PISA, yang tidak hanya mengukur pengetahuan konten, tetapi juga kompetensi dalam menjelaskan fenomena secara ilmiah dan menafsirkan data serta bukti secara ilmiah (OECD, 2019). Berbeda dengan pembelajaran tradisional yang berfokus pada "apa" (fakta), e-modul ini menekankan "bagaimana" (proses) dan "mengapa" (konteks), sehingga membangun pemahaman konseptual yang lebih dalam.

Sementara itu, peningkatan literasi digital yang lebih tinggi (N-gain = 0.71) menunjukkan bahwa e-modul ini berfungsi ganda: sebagai medium penyampai konten dan sebagai "arena latihan" keterampilan digital. Temuan ini memperluas hasil penelitian sebelumnya yang seringkali hanya mengukur dampak pada pemahaman materi (misalnya, Astuti, dkk., 2019). Dalam e-modul ini, siswa tidak hanya menjadi konsumen pasif informasi digital. Mereka ditugaskan untuk menavigasi hipermedia, mengevaluasi validitas sumber informasi dari tautan eksternal yang disediakan, dan mensintesis informasi dari berbagai format (teks, video, simulasi) untuk menyelesaikan suatu proyek atau masalah. Proses ini secara langsung melatih kompetensi yang menjadi inti dari literasi digital, yaitu kemampuan untuk menemukan, mengevaluasi, dan menggunakan informasi digital secara kritis dan etis (Hidayat, dkk., 2020). Dengan demikian, e-modul ini membuktikan bahwa peningkatan literasi sains dan digital dapat dicapai secara simultan melalui desain instruksional yang terintegrasi dan disengaja.

## **KESIMPULAN**

E-modul interaktif berbasis STEM yang dikembangkan telah terbukti sangat valid berdasarkan penilaian ahli materi dan media dengan skor rata-rata di atas 90%. Produk ini juga dinyatakan sangat praktis oleh guru dan siswa dengan skor kepraktisan rata-rata 90,3%, yang ditunjukkan melalui kemudahan penggunaan, efisiensi waktu, dan kemenarikan tampilan. Lebih penting lagi, e-modul ini efektif dalam meningkatkan literasi sains siswa dengan kategori peningkatan sedang (N-gain 0,63) dan literasi digital dengan kategori tinggi (N-gain 0,71), yang dibuktikan melalui perbedaan signifikan antara skor pre-test dan post-test.

## **Saran**

Berdasarkan temuan penelitian, disarankan agar: (1) e-modul ini dapat diadopsi sebagai suplemen pembelajaran sains di madrasah dan sekolah umum lainnya, (2) guru perlu mendapatkan pelatihan dalam memanfaatkan e-modul secara optimal dalam pembelajaran hybrid, (3) pengembang bahan ajar disarankan untuk menerapkan pendekatan serupa dalam mengembangkan materi pembelajaran lainnya, dan (4) perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menguji efektivitas e-modul pada populasi dan konteks yang lebih beragam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adam Sugiarto, & Sutikno. (2022). Pengaruh Kompetensi Profesional Guru Dan Penggunaan Metode Ummi Terhadap Kemampuan Membaca Al-Qur'an Siwa, 3, 150–163. Retrieved from <https://ejurnal.darulfattah.ac.id/index.php/Annaba>
- Astuti, I. A. D., Bhakti, Y. B., & Sumarni, R. A. (2019). Pengembangan e-modul fisika berbasis STEM untuk meningkatkan literasi sains dan digital. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 5(2), 240-248.
- Auliya, V., Nurlaela, L., & Rijanto, T. (2020). Metodologi penelitian pendidikan. PT Remaja Rosdakarya.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340.
- Ghony, M. D., & Almanshur, F. (2020). Metodologi penelitian kualitatif. Ar-Ruzz Media.
- Haryono, E., Rangkuti, Rizki Kurniawan, Sariman, S., & Suprihatiningsih, S. (2024). Metodologi Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif . <https://www.rcipress.rcipublisher.org/index.php/rcipress/catalog/book/949>. Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia.
- Hartoyo, H. (2025). Sejarah Peradaban Islam. Meta Nusantara. Blora: Meta Nusantara
- Illah, A., Mansur, R., Hidayatullah, M. F., Sariman, S., & Seen, I. (2022). Principal Leadership in Developing the Competence of Islamic Religious Education Teachers. *Nidhomul Haq: Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 7(3). Retrieved from <https://www.e-journal.uac.ac.id/index.php/nidhomulhaq/article/view/2658/1077>
- Hasan, M., Milama, B., & Safitri, I. (2013). Penelitian dan pengembangan dalam pendidikan. Lentera Ilmu Cendekia.
- Hidayat, T., Susilaningsih, E., & Kurniawan, C. (2020). Literasi digital dalam pembelajaran: Konsep, implementasi, dan evaluasi. Deepublish.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Muslih, S., Sutikno, S. P. I., & Rinda Fauzian, M. P. (2023). *AKHLAK MUSLIM DAN DOA-DOA*. Intake Pustaka.
- Mustain, M., Karjo, K., & Falah, A. (2025). Tafsir Tarbawi. Meta Nusantara. Blora: Meta Nusantara.
- Muchlisin, I. (2025). Psikologi Pendidikan. Meta Nusantara. Blora: Meta Nusantara.
- Nadifah, N. (2024). Efektivitas model STEAM dalam meningkatkan minat belajar siswa. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 15(1), 45-58.
- OECD. (2019). PISA 2018 assessment and analytical framework. OECD Publishing.
- Piaget, J. (1977). *The development of thought: Equilibration of cognitive structures*. Viking Press.
- Pratiwi, W., & Rochmad, R. (2022). Penerapan pendekatan STEM melalui proyek untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa SMP. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 10(1), 23-35.
- Sariman, Haryono, E., Wahyudin, M., & Muttaqin, F. Z. (2024). Exploring Research Methodologies Qualitative In Higher Education: Strategies And Approaches For

- Academic Inquiry. *Al Fattah Ejournal Sma Al Muhammad Cepu*, 4(01), 74–103.  
Retrieved from  
<https://www.ejournal.smaamc.sch.id/index.php/belajar/article/view/43>
- Sariman, Huda, C., & Afif, M. N. (2021). Pengembangan Mutu Peserta Didik dalam Pembelajaran : Implementasi Profesionalisme Guru Madrasah. *Jurnal Pendidikan Agama Islam Al-Thariqah*, 6(2). <https://doi.org/10.25299/al->
- Sariman, S. (2025). Transformasi Ekologis Berbasis Spiritualitas: Studi Ekoteologis atas Peran ASN, Masyarakat, dan Gerakan Hijau. *MetaNusantara.Com*. MetaNusantara.com.
- Siyoto, S., & Ali Sodik, M. (2015). *Dasar Metodologi Penelitian*. (Ayup, Ed.), *Literasi Media Publishing* (1st ed.). Yogyakarta: Literasi Media Publishing.
- Sri Wahyuningsih. (2013). *Metode Penelitian Studi Kasus (Konsep, Teori Pendekatan Psikologi Komunikasi, dan Contoh Penelitiannya)*. Bangkalan: UTM Press.
- Staker, H., & Horn, M. B. (2012). \*Classifying K-12 blended learning\*. Innosight Institute.
- Yusuf, A. M. (2017). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan penelitian gabungan. Kencana.