



Pengembangan E-Modul Berbasis STEM EDP Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa SD

^{1*}Salwa Maulida, ²Astri Sutisnawati, ³Din Azwar Uswatun

^{1,2,3}Universitas Muhammadiyah Sukabumi, Sukabumi, Indonesia

*Corresponding Author e-mail: salwamaulida@ummi.ac.id

Received: June 2025; Revised: July 2025; Accepted: August 2025; Published: September 2025

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan e-modul berbasis STEM dengan pendekatan Engineering Design Process (EDP), yang secara khusus dirancang untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa sekolah dasar pada materi ekosistem. Studi ini mengembangkan e-modul digital interaktif dengan langkah-langkah EDP sebagai inti pembelajaran sains. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*), dengan subjek 40 siswa kelas V SDN Dayeuhluhur CBM dan melibatkan validator ahli (materi, media, dan praktisi). Instrumen penelitian terdiri dari angket validasi, soal pre-test dan post-test, serta pedoman wawancara. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan uji N-Gain. Hasil validasi menunjukkan e-modul sangat layak digunakan (rata-rata kelayakan 91%), dan uji efektivitas menunjukkan peningkatan keterampilan proses sains yang signifikan dengan N-Gain 0,72 (kategori tinggi). Secara teoretis, temuan ini memperkuat relevansi integrasi STEM-EDP dalam pembelajaran IPA di tingkat SD; secara aplikatif, e-modul ini mendukung implementasi Kurikulum Merdeka dan penguatan kompetensi abad 21 melalui pembelajaran kontekstual, kolaboratif, dan menyenangkan.

Kata Kunci: E-modul; STEM; *Engineering Design Process* (EDP); keterampilan proses sains

Abstract: This study aims to development of a STEM-based e-module employing the Engineering Design Process (EDP) approach, specifically designed to enhance elementary students' science process skills on ecosystem topics. This study develops an interactive digital e-module with EDP steps as the core of science learning activities. The research adopts a Research and Development (R&D) method using the ADDIE model (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*), involving 40 fifth-grade students at SDN Dayeuhluhur CBM and expert validators (content, media, and practitioners). Research instruments include validation questionnaires, pre-test and post-test items, and interview guidelines. Data were analyzed using descriptive quantitative methods and N-Gain analysis. Validation results indicate the e-module is highly feasible for classroom use (average feasibility score: 91%), while the effectiveness test shows a significant increase in science process skills with an N-Gain of 0.72 (high category). Theoretically, these findings reinforce the relevance of integrating STEM-EDP in elementary science education; practically, the developed e-module supports the implementation of the Merdeka Curriculum and strengthens 21st-century competencies through contextual, collaborative, and engaging learning experiences.

Keywords: E-module; STEM; *Engineering Design Process* (EDP); science process skills

How to Cite: Maulida, S., Sutisnawati, A., & Uswatun, D. A. (2025). Pengembangan E-Modul Berbasis STEM EDP Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa SD. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(3), 1825–1839. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i3.16573>



<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i3.16573>

Copyright©2025, Maulida et al

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



PENDAHULUAN

Perkembangan yang pesat dalam sains dan teknologi mengharuskan dunia pendidikan untuk terus beradaptasi, terutama dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di sekolah dasar. Transformasi digital telah menghadirkan berbagai peluang sekaligus tantangan bagi guru dan siswa, terutama dalam pemanfaatan media pembelajaran berbasis teknologi yang memiliki kapasitas untuk meningkatkan kualitas proses belajar-mengajar. Namun, realitas di lapangan menunjukkan bahwa adopsi teknologi digital sebagai sarana pembelajaran IPA masih terbatas, sehingga upaya peningkatan kualitas pendidikan belum optimal (Arifin & Ibrahim, 2018; Lestari, 2018). Fakta di SDN Dayeuhluhur CBM Kota Sukabumi menunjukkan bahwa guru masih bergantung pada buku paket, internet, dan video dari YouTube sebagai sumber belajar utama. Akibatnya, siswa mengalami keterbatasan dalam mengakses sumber

belajar yang bervariasi dan kurang mendapat pengalaman belajar yang bermakna. Dampak dari kondisi ini adalah rendahnya keterampilan proses sains (KPS) siswa, seperti kemampuan mengamati, mengklasifikasi, memprediksi, serta memecahkan masalah secara ilmiah.

Salah satu solusi strategis untuk mengatasi tantangan tersebut adalah pemanfaatan e-modul berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) dengan integrasi model *Engineering Design Process* (EDP). E-modul dipilih karena memiliki keunggulan sebagai media belajar digital yang interaktif, mudah diakses, fleksibel, dan mampu menunjang pembelajaran mandiri siswa (Herawati & Muhtadi, 2018; Seruni *et al.*, 2019). Integrasi pendekatan STEM-EDP pada e-modul diharapkan dapat membekali siswa dengan pengalaman belajar yang kontekstual dan menantang, sekaligus mendorong penguasaan keterampilan abad ke-21 sesuai tuntutan Kurikulum Merdeka.

STEM merupakan pendekatan pembelajaran yang menggabungkan empat bidang keilmuan inti untuk membangun kompetensi sains dan teknologi yang relevan dengan kehidupan nyata (Wannesia *et al.*, 2022). Model *Engineering Design Process* (EDP) sebagai sintaks utama STEM menuntun siswa melalui tahapan sistematis mulai dari mengidentifikasi masalah, merancang solusi, membuat prototipe, hingga mengevaluasi dan mengkomunikasikan hasil. E-modul yang dirancang berbasis STEM-EDP memiliki potensi memperkuat keterampilan proses sains dasar, terutama dalam aktivitas mengamati, mengklasifikasi, mengukur, memprediksi, menyimpulkan, dan berkomunikasi secara ilmiah.

Keterampilan proses sains sangat penting dikuasai siswa sejak dini karena menjadi fondasi berpikir ilmiah dan *problem solving* dalam pembelajaran IPA. Ketidakmampuan siswa menguasai KPS akan berdampak pada lemahnya pemahaman konsep, rendahnya kreativitas, dan kurangnya kepercayaan diri dalam menghadapi permasalahan sains di kehidupan sehari-hari. Oleh sebab itu, penguatan KPS menjadi salah satu capaian pembelajaran utama dalam Kurikulum Merdeka di jenjang sekolah dasar.

Berdasarkan temuan observasi dan wawancara yang dilakukan di kelas V SDN Dayeuhluhur CBM, mayoritas siswa masih menganggap IPA sebagai pelajaran yang sulit, membosankan, dan minim praktik. Pembelajaran cenderung monoton dan *teacher-centered* sehingga kurang melibatkan siswa secara aktif dalam proses ilmiah. Penelitian sebelumnya (Saputri & Herman, 2022; Pratiwi & Hardini, 2022) memang telah mengembangkan modul berbasis STEM atau e-modul IPA, namun belum secara khusus mengintegrasikan sintaks EDP dalam e-modul interaktif untuk materi ekosistem di SD. Dengan demikian, riset ini menutup celah penelitian dengan mengembangkan e-modul berbasis STEM-EDP yang belum pernah dilakukan secara komprehensif pada materi ekosistem di jenjang sekolah dasar.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi penuh pendekatan STEM dengan model EDP dalam format e-modul digital, yang secara spesifik dirancang untuk meningkatkan KPS siswa SD pada materi ekosistem. E-modul ini bukan hanya membantu siswa dalam pembelajaran mandiri, tetapi juga memicu keterlibatan aktif, kolaborasi, dan pengalaman belajar kontekstual yang mendukung profil pelajar Pancasila dan capaian Kurikulum Merdeka.

Berdasarkan uraian di atas, tujuan penelitian ini untuk mengembangkan e-modul berbasis STEM berbasis EDP untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa sekolah dasar pada materi ekosistem. Penelitian ini menjadi penting untuk memperkaya model pembelajaran berbasis teknologi yang relevan, efektif, dan adaptif terhadap kebutuhan pendidikan abad ke-21.

METODE

Metode penelitian yang digunakan *Research and Development* (R&D) dengan tujuan utama mengembangkan serta menguji efektivitas e-modul berbasis STEM dengan model Engineering Design Process (EDP) dalam meningkatkan keterampilan proses sains (KPS) siswa SD. Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ADDIE, yang terdiri dari lima tahapan sistematis: *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation* (Sugiyono, 2020; Sukmadinata 2016). Adapun model ADDIE yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada bagan berikut:



Gambar 1. Tahapan ADDIE

Subjek penelitian mencakup validator ahli (yang meliputi: 1) ahli materi IPA, 2) ahli media pembelajaran, dan 3) praktisi/guru kelas V) serta 40 siswa kelas VA SDN Dayeuhluhur CBM Sukabumi. Penentuan subjek siswa menggunakan purposive sampling dengan kriteria siswa aktif, telah memperoleh materi ekosistem, dan bersedia mengikuti seluruh rangkaian penelitian.

Prosedur penelitian pengembangan dalam studi ini mengikuti tahapan ADDIE sebagai berikut 1) analisis, mengidentifikasi keperluan siswa, analisis kurikulum, karakteristik siswa, dan kondisi pembelajaran IPA di sekolah; b) desain, merancang e-modul berbasis STEM-EDP, menyusun perangkat evaluasi (soal *pretest-posttest*, rubrik unjuk kerja), serta merancang instrumen validasi (angket skala Likert untuk ahli); c) mengembangkan, membuat e-modul digital dengan integrasi sintaks EDP pada setiap kegiatan pembelajaran. Pada tahap ini, langkah-langkah EDP (menentukan masalah, riset dan imajinasi, perencanaan, pembuatan prototipe, pengujian, perbaikan, dan komunikasi hasil) diimplementasikan secara langsung dalam pengembangan isi dan aktivitas e-modul; d) validasi, E-modul divalidasi oleh tiga validator (ahli materi, ahli media, praktisi/guru) menggunakan angket skala Likert 1-5. Kriteria kelayakan ditetapkan berdasarkan rata-rata skor $\geq 61\%$ (kategori layak), sedangkan hasil validasi $< 61\%$ akan direvisi sebelum uji coba lapangan; dan e) uji Coba Terbatas (*Implementation & Evaluation*), E-modul diujicobakan pada 40 siswa kelas VA menggunakan desain *one-group pretest-posttest*. Instrumen yang digunakan adalah soal *pretest* dan *posttest* berbasis indikator KPS.

Desain eksperimen yang digunakan adalah *one-group pretest-posttest design*, di mana seluruh subjek diuji kemampuan KPS-nya sebelum dan sesudah pembelajaran menggunakan e-modul. Data pretest dan posttest dianalisis menggunakan uji N-Gain untuk mengukur peningkatan skor KPS dan analisis deskriptif kuantitatif untuk skor validasi e-modul,

Instrumen penelitian yang digunakan meliputi angket validasi, soal pretest dan posttest, serta pedoman wawancara. Adapun rubrik unjuk kerja yang digunakan merupakan data tambahan. E-modul dinyatakan layak apabila memperoleh nilai rata-rata validasi $\geq 61\%$ (kategori layak/baik), sedangkan efektivitas diukur melalui nilai N-Gain (kategori tinggi jika N-Gain $\geq 0,7$; sedang $0,3-0,7$; rendah $< 0,3$).

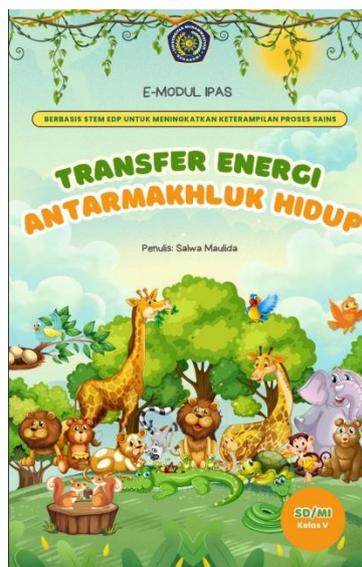
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kebutuhan

Penelitian ini diawali dengan analisis kebutuhan pengembangan “E-Modul Berbasis STEM EDP untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa SD,” mengingat minimnya sumber belajar yang digunakan guru, seperti hanya buku paket, internet, dan video Youtube, tanpa pemanfaatan modul sebagai bahan ajar (wali kelas V SDN Dayeuhluhur CBM Sukabumi). Modul elektronik (e-modul) dinilai lebih praktis, menarik, dan mendukung pembelajaran mandiri, terutama untuk mata pelajaran IPA yang selama ini hanya menggunakan metode praktikum sederhana. Model pembelajaran *Engineering Design Process* (EDP) dalam Pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) dianggap efektif membantu siswa mengembangkan keterampilan memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari (Hertel et al., 2017; Rusminati & Juniarso 2023). Namun, siswa kelas VA SDN Dayeuhluhur CBM cenderung tidak menyukai IPA karena dianggap sulit, membosankan, dan minim praktik, sehingga keterampilan proses sains mereka masih rendah, padahal keterampilan ini (mengamati, mengklasifikasi, mengukur, bereksperimen) merupakan kompetensi penting dalam Kurikulum Merdeka (Masus & Fadhilaturrahmi, 2020), yang akhirnya mendorong peneliti untuk mengembangkan e-modul berbasis STEM EDP khususnya pada materi ekosistem.

Perancangan Produk

Setelah analisis kebutuhan dilaksanakan, tahap selanjutnya yaitu merencanakan atau membuat desain produk yang akan dikembangkan. Hasil yang diperoleh pada langkah ini dimulai dari perencanaan dan analisis kebutuhan pengguna yang berfokus pada tujuan “E-Modul IPAS Yang Berbasis *STEM EDP* Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Dengan Materi Transfer Energi Antar Makhluk Hidup” dapat dilihat pada Gambar 2 mengenai cover E-modul tersebut.



Gambar 2. Cover E-modul IPAS

Desain E-Modul IPAS berbasis STEM EDP pada topik Transfer Energi Antarmakhluk Hidup disusun dengan pendekatan inovatif dan sistematis untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa sekolah dasar. Modul ini menerapkan model pembelajaran *Engineering Design Process* (EDP), yang menekankan pemecahan masalah nyata melalui tahapan pembuatan prototipe, salah satunya berupa biofotoreaktor sederhana. Pendekatan pembelajaran yang diintegrasikan

adalah STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*), bertujuan untuk mengaitkan berbagai disiplin ilmu dalam rangka melatih siswa menyelesaikan permasalahan secara kreatif dan kritis. Tujuan umum dari pengembangan modul ini adalah untuk meningkatkan keterampilan proses sains dasar, meliputi kemampuan mengamati, mengklasifikasi, mengukur, memprediksi, menyimpulkan, dan mengkomunikasikan hasil pembelajaran.

Struktur modul disusun secara berjenjang dan berorientasi pada proyek, dimulai dari analisis masalah (*define the problem*), riset dan perencanaan (*research and plan*), perancangan solusi (*create*), pengujian (*test & evaluate*), revisi (*redesign*), hingga presentasi hasil (*communicate*). Modul ini juga dilengkapi dengan kekuatan visual dan interaktif, seperti ilustrasi menarik berupa piramida makanan dan jaring-jaring makanan, lembar kerja terstruktur (LKPD), aktivitas berbasis video, serta eksperimen nyata menggunakan biofotoreaktor. Selain itu, tersedia pula ruang refleksi mendalam bagi siswa dan guru untuk memperkuat pemahaman konsep.

Secara teknis, e-modul ini ditujukan untuk siswa kelas V SD (Fase C) dengan topik utama transfer energi antarmakhluk hidup dalam ekosistem, disesuaikan dengan Kurikulum Merdeka, dan dirancang untuk empat jam pelajaran dengan metode pembelajaran berbasis proyek dan diskusi. Manfaat dari desain modul ini di antaranya adalah mendorong siswa berpikir kritis dan kreatif, mengaitkan teori dengan praktik nyata, membangun kesadaran tentang ekosistem dan keberlanjutannya, serta meningkatkan kolaborasi dan komunikasi antar siswa dalam proses pembelajaran.

Pengembangan Produk dan Validasi

Tahap pengembangan produk merupakan kelanjutan dari desain awal e-modul yang telah dirancang secara inovatif. Pada tahap ini, dilakukan implementasi desain berupa penyusunan konten e-modul, pembuatan ilustrasi visual interaktif, dan pengembangan lembar kerja siswa (LKPD) yang seluruhnya terintegrasi dengan model *Engineering Design Process* (EDP) dalam pendekatan STEM. Salah satu keunggulan e-modul ini terletak pada integrasi visual interaktif dan aktivitas eksperimen nyata, seperti pembuatan biofotoreaktor sederhana, yang langsung membimbing siswa menerapkan langkah-langkah EDP mulai dari mendefinisikan masalah hingga mempresentasikan hasil.

Pengembangan e-modul tidak hanya menekankan transfer pengetahuan, tetapi juga menumbuhkan keterampilan proses sains melalui keterlibatan aktif siswa dalam merancang, mengamati, menganalisis, dan mempresentasikan hasil percobaan. Setiap bagian e-modul dirancang untuk mengasah keterampilan seperti mengamati, mengklasifikasi, mengukur, memprediksi, menyimpulkan, dan mengkomunikasikan secara sistematis. Materi diperkaya dengan gambar pendukung, tautan video pembelajaran, serta instruksi praktis yang mudah dipahami oleh siswa SD.

Kontribusi utama e-modul ini secara teoretis adalah memperkaya model pengembangan bahan ajar digital berbasis STEM-EDP di tingkat sekolah dasar, memberikan contoh konkrit integrasi LKPD dan eksperimen berbasis masalah nyata. Secara praktis, produk ini memudahkan guru dalam melaksanakan pembelajaran IPA yang kontekstual, interaktif, dan sesuai dengan Kurikulum Merdeka, serta mendorong terciptanya profil pelajar Pancasila melalui pembelajaran yang berpusat pada siswa. Setelah proses pengembangan, uji kelayakan dilakukan melalui validasi oleh ahli materi, media, dan praktisi pendidikan menggunakan angket skala Likert lima poin, guna memastikan bahwa e-modul telah memenuhi standar kelayakan dan efektif digunakan dalam pembelajaran IPA di sekolah dasar.

Uji Coba Produk

Uji kelayakan e-modul berbasis STEM EDP dilakukan melalui validasi oleh tiga ahli, yaitu ahli materi, ahli media, dan praktisi/guru SD. Masing-masing validator menilai aspek sesuai bidangnya menggunakan angket skala Likert lima poin yang mencakup aspek substansi materi, penyajian, kualitas tampilan, desain, dan penggunaan bahasa.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil validasi E-Modul berbasis STEM EDP

Validator	Aspek yang Dinilai	Skor (%)	Kategori
Ahli Materi	Substansi materi, penyajian, bahasa	74	Layak
Ahli Media	Tampilan, desain, kualitas visual, cover, isi	89	Sangat Layak
Praktisi (Guru SD)	Materi, desain pembelajaran, bahasa	100	Sangat Layak

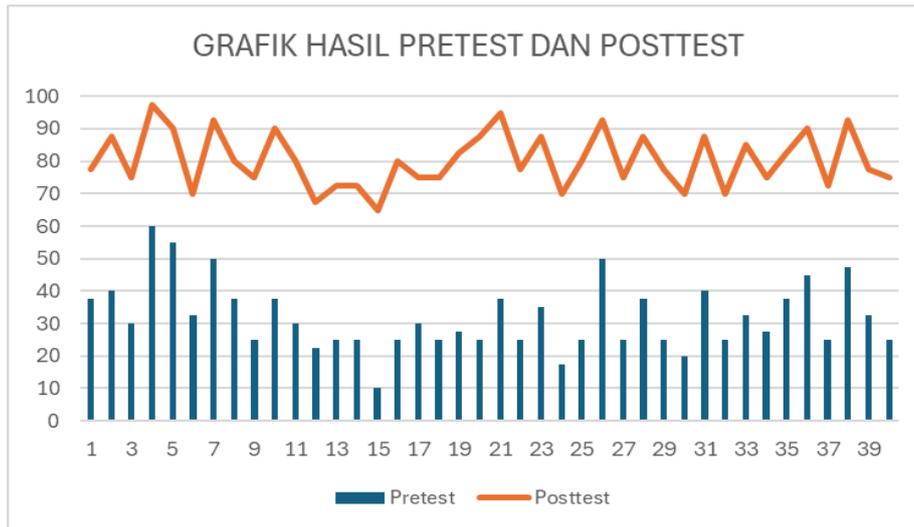
Berdasarkan hasil validasi, e-modul dinyatakan “Layak” oleh ahli materi (74%), “Sangat Layak” oleh ahli media (89%), dan “Sangat Layak” oleh praktisi/guru SD (100%). Rata-rata hasil validasi menunjukkan e-modul telah memenuhi standar kelayakan dan siap untuk diuji cobakan di lapangan setelah dilakukan perbaikan minor berdasarkan masukan para validator.

Implementasi Produk

Pada langkah keempat yaitu tahap implementasi, penggunaan E-Modul berbasis STEM EDP di implementasikan pada proses pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) dengan materi transfer energi antarmakhluk hidup di SDN Dayeuhluhur melalui uji coba lapangan yang digunakan langsung oleh siswa kelas V untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa sekolah dasar melalui penilaian unjuk kerja yang dibuat sesuai dengan rubrik penilaian.

Produk E-modul berbasis STEM EDP telah melewati beberapa tahap uji coba produk dan beberapa kali revisi demi menghasilkan sebuah E-modul yang baik. Setelah melewati hal tersebut, kemudian diimplementasikan melalui uji coba lapangan yang melibatkan 40 siswa sekolah dasar yang ada di kelas V. Adapun tahapan implementasi E-modul berbasis STEM EDP terdiri dari lima tahap. Pertama, siswa dikenalkan dengan e-modul; kedua, mengajarkan dan memberi instruksi pada siswa tentang cara mengakses e-modul; ketiga, memberikan pemahaman tentang materi yang ada di e-modul; keempat, memberikan cara dan contoh mengerjakan lembar kerja siswa; kelima, siswa mencoba belajar dengan menggunakan e-modul. Pembelajaran diawali dengan menyimak kemudian mempraktikkan materi yang ada dalam e-modul.

Efektivitas e-modul berbasis STEM EDP Penilaian dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa kelas V di SDN Dayeuhluhur CBM Kota sukabumi dilaksanakan menggunakan metode *pretest*, *post-test* berupa 10 soal yang diberikan kepada siswa kelas V. Setelah mendapatkan nilai *pretest* dan *post-test*, maka peneliti menentukan rata-rata N-Gain score untuk mengetahui kategori tafsiran efektivitas N-Gain.



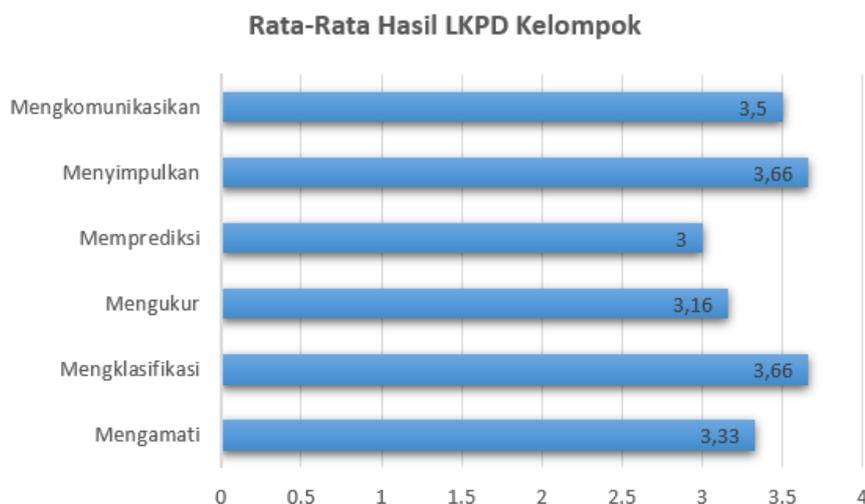
Gambar 3. Hasil pretest dan posttest

Berdasarkan hasil rata-rata *pretest* dan *posttest* siswa kelas V di SDN Dayeuhluhur CBM Kota sukabumi memiliki perkembangan dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa SD. Selanjutnya, peneliti menguji dengan menggunakan rumus N-Gain untuk mengetahui peningkatan hasil nilai siswa. Dapat dilihat hasil nilai rata-rata N-Gain disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai rata-rata pretest, posttest, dan N-Gain

Pretest	Posttest	N-Gain
32,1	80,3	0,72

Berdasarkan hasil rata-rata N Gain memiliki kategori tinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa e-modul berbasis *STEM EDP* memperoleh tafsiran efektivitas dikategori cukup efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa SD. Penilaian unjuk kerja dilakukan oleh peneliti berdasarkan rubrik yang telah disusun sebelumnya, dan disesuaikan dengan indikator keterampilan proses sains dasar. Setiap indikator dinilai menggunakan skala penilaian 1 sampai 4. Dalam pelaksanaan, siswa dibagi ke dalam enam kelompok. Dapat dilihat hasil rata rata nilai LKPD kelompok pada Gambar 4.



Gambar 4. Rata-rata hasil LKPD kelompok per indikator

Berdasarkan hasil penilaian unjuk kerja terhadap enam indikator keterampilan proses sains, diperoleh rata-rata skor. Indikator mengklasifikasi dan menyimpulkan menunjukkan skor tertinggi sebesar 3,66, yang mengindikasikan bahwa sebagian besar siswa mampu mengelompokkan informasi secara tepat dan menarik kesimpulan berdasarkan data atau hasil pengamatan dengan sangat baik. Hal ini menunjukkan keberhasilan e-modul dalam memfasilitasi proses berpikir analitis dan integratif sesuai dengan tahapan “*define the problem*” dan “*evaluate*” dalam sintaks EDP, di mana siswa diminta untuk memahami permasalahan dan mengolah informasi secara sistematis.

Adapun skor terendah terdapat pada indikator memprediksi (3,00), yang menunjukkan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam meramalkan kemungkinan hasil berdasarkan pola atau data yang ada. Hal ini menunjukkan perlunya penguatan pada sintaks “*plan*” dan “*test*”, terutama dalam melatih siswa mengantisipasi dan mengevaluasi konsekuensi dari suatu tindakan atau desain.

Secara umum, skor rata-rata pada semua indikator menunjukkan bahwa keterampilan proses sains siswa berkembang dengan baik setelah menggunakan e-modul berbasis STEM EDP. Keterkaitan erat antara struktur e-modul dan sintaks EDP memungkinkan siswa tidak hanya memahami konsep sains, tetapi juga mengaplikasikannya dalam aktivitas nyata yang kolaboratif dan bermakna.

Evaluasi Produk

Tahap evaluasi produk dilakukannya revisi akhir pada produk yang dikembangkan, dari pengimplementasian e-modul yang telah dilakukan.

Kelayakan e-modul berbasis STEM EDP dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa SD

E-modul berbasis STEM EDP merupakan inovasi bahan ajar digital yang dirancang untuk mengintegrasikan pendekatan Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) dengan Engineering Design Process (EDP), yang bertujuan untuk menciptakan pengalaman belajar aktif, mandiri, dan kontekstual. EDP sebagai sintaks pembelajaran menekankan tahapan berpikir sistematis dan solutif, yang meliputi: (1) *define the problem*, (2) *research and imagine*, (3) *plan*, (4) *create*, (5) *test and evaluate*, (6) *redesign*, and (7) *communicate* (Jolly, 2016). Setiap tahapan EDP telah diintegrasikan ke dalam e-modul melalui aktivitas dan lembar kerja siswa yang dirancang untuk menstimulasi keterampilan proses sains (KPS) dasar.

Menurut Arova *et al.* (2024) e-modul merupakan modul yang disajikan dalam format elektronik yang bermanfaat sebagai media belajar yang dapat diakses secara online. Menurut Ratri *et al.* (2024) untuk dapat melibatkan siswa lebih aktif dalam proses pembelajaran adalah dengan penggunaan bahan ajar ataupun media yang menarik agar dapat membantu siswa lebih paham mengenai konsep yang disajikan oleh guru, dengan menggunakan bahan ajar seperti modul yang digunakan sebagai sarana menyampaikan informasi dengan harapan dapat membantu proses pembelajaran menjadi efektif dan lancar sehingga tujuan pembelajaran dapat tercapai secara optimal. Menurut Arova *et al.* (2024) media pembelajaran merupakan segala sesuatu yang dapat menyampaikan pesan atau informasi dengan bermacam cara serta dapat merangsang pikiran, perasaan, dan kemauan siswa sehingga dapat mendorong terciptanya proses belajar agar siswa dapat menambah informasi baru dan mencapai tujuan pembelajaran. Sehingga untuk menciptakan proses pembelajaran yang efektif maka e-modul diuji kelayakan.

Kelayakan produk diukur dengan menggunakan lembar angket oleh validator. Menurut Sugiyono (2020) Angket merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan

dengan cara memberi seperangkat pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada responden untuk dijawab. Angket ini ditujukan kepada validator ahli untuk menilai kelayakan e-modul. Dalam hal ini, E-modul berbasis *STEM EDP* yang dikembangkan harus menjadi lebih menarik dengan mempertimbangkan materi didalam e-modul desain konstruktivisme, ilustrasi pada e-modul menarik, e-modul yang disajikan sesuai dengan capaian pembelajaran dan alur tujuan pembelajaran dalam kurikulum merdeka, selain itu lembar kerja siswa didalam e-modul disajikan mampu merangsang siswa untuk melatih keterampilan proses sains dasar. Pada saat proses penggunaan e-modul berbasis *STEM EDP* dalam uji coba lapangan, e-modul ini membuat siswa menerima materi baru dan memahami materinya dengan cepat, siswa sangat antusias mengakses dan menggunakan e-modul berbasis *STEM EDP*, meningkatkan motivasi belajar, dan meningkatkan keterampilan proses sains siswa. Menurut Mariam Hoerunnisa *et al.* (2024) Salah satu dampak positif dari implementasi STEM yaitu dapat menumbuhkan keterampilan proses sains siswa karena pada mata pelajaran IPA menitikberatkan pada aspek pengetahuan, sikap serta keterampilan sebagai acuan perilaku siswa dalam mengatasi kesulitan yang dihadapi sehingga untuk mengatasi kesulitan tersebut dapat dilakukan penerapan pembelajaran berbasis sains, teknologi, rekayasa, dan matematika (STEM) karena siswa dapat berkreasi, inovasi, dan aktif dalam pembelajaran termasuk ketika menyelesaikan permasalahan dengan kelompoknya sehingga siswa dapat berpikir kritis, kreatif dan siswa dapat memahami mata pelajaran IPA lebih dalam sehingga hal ini berdampak pada keterampilan proses sains siswa.

Berdasarkan hasil penilaian produk dari ahli materi secara keseluruhan mendapatkan hasil persentase 74% dan dinyatakan layak, penilaian dari ahli media secara keseluruhan mendapatkan hasil dengan persentase 89% dan dinyatakan sangat layak, kemudian penilaian dari dua ahli praktisi secara keseluruhan mendapatkan hasil dengan persentase 100% dan dinyatakan sangat layak untuk diuji cobakan di lapangan. Data yang telah didapatkan merupakan data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif berbentuk angket penilaian dan data kualitatif berupa kritik dan saran yang dapat dipertimbangkan terhadap perbaikan sebuah e-modul agar memiliki kualitas yang baik. Data kuantitatif dianalisis dengan cara membuat rata-rata data dari angket dalam bentuk penilaian skala likert lima, kemudian nilai dari keempat para ahli atau validator, dihitung untuk setiap aspeknya, kemudian dibagi dengan jumlah skor maksimal atau skor ideal lalu dikali dengan 100% untuk memperoleh nilai rata-rata. Berdasarkan keseluruhan rata-rata validasi memperoleh 91% dinyatakan sangat layak.

Hasil validasi yang tinggi ini sejalan dengan teori desain instruksional, di mana kelayakan media pembelajaran harus memenuhi prinsip relevansi isi, kejelasan tujuan, keefektifan tampilan visual, serta kemudahan penggunaan (Nuraini & Waluyo, 2021). Modul yang terdesain baik menurut teori desain instruksional harus mampu memfasilitasi kebutuhan belajar siswa, mendorong aktivitas belajar mandiri, serta menghadirkan alur materi yang sistematis dan komunikatif. Skor validasi yang tinggi dari berbagai aspek menunjukkan bahwa e-modul ini telah memenuhi standar kualitas bahan ajar digital, baik dari segi substansi materi, kualitas tampilan, maupun desain pembelajaran, sehingga diyakini efektif mendukung proses pembelajaran sains di sekolah dasar

Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Andaresta & Rachmadiarti (2021) yang mengembangkan modul ajar IPAS berbasis STEM pada materi ekosistem, yang juga memperoleh kategori sangat valid berdasarkan penilaian para ahli. Meskipun bentuk modul yang dikembangkan oleh Saputri masih berupa versi cetak, hasil

validasinya menunjukkan bahwa pendekatan STEM pada materi ekosistem secara umum dianggap efektif dan layak diterapkan. Perbedaan utama dalam penelitian ini terletak pada penggunaan media digital (e-modul) dan integrasi sintaks EDP, yang dinilai mampu meningkatkan daya tarik dan keterlibatan siswa lebih jauh dibandingkan modul cetak.

Hasil validasi ini juga diperkuat oleh temuan Pratiwi & Hardini (2022) yang mengembangkan e-modul pembelajaran IPA dan mendapatkan validasi “sangat baik” untuk implementasi di kelas. Artinya, keberhasilan kelayakan e-modul dalam penelitian ini bukan hanya bersifat kebetulan, tetapi merupakan penguatan dari tren literatur sebelumnya bahwa pengembangan e-modul dengan pendekatan integratif (seperti STEM atau EDP) sangat potensial sebagai media pembelajaran modern yang efektif.

Dengan demikian, hasil validasi kelayakan dalam penelitian ini tidak hanya memperlihatkan bahwa e-modul yang dikembangkan telah memenuhi standar kualitas bahan ajar, tetapi juga mengindikasikan adanya konsistensi empiris dengan penelitian terdahulu yang mendukung efektivitas e-modul berbasis STEM. Pengintegrasian EDP dalam e-modul bahkan menjadi nilai tambah tersendiri, karena mengarahkan siswa pada proses berpikir sistematis dalam memecahkan masalah, yang merupakan esensi keterampilan abad ke-21 yang ditargetkan dalam Kurikulum Merdeka.

Efektivitas e-modul berbasis STEM EDP dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa SD

Pada zaman abad ke-21 ini, perkembangan teknologi berkembang secara pesat, persaingan, serta juga tantangan disetiap aspek kehidupan didalam dunia pendidikan. Menurut Wibowo *et al.* (2024) Kemampuan siswa dalam berpikir kritis adalah salah satu tujuan dari sebuah pendidikan yang harus dicapai, hal ini dikarenakan dapat menunjukkan siswa dalam keterampilannya untuk berpikir tingkat tinggi dan memiliki peran penting dalam pengembangan sosial, moral, dan yang paling utama adalah perkembangan sains. Salah satu pendekatan yang mendukung keterampilan abad-21 yaitu *STEM EDP*. Pendekatan ini merupakan rangkaian desain siklus yang bertujuan untuk menemukan solusi bagi masalah dunia nyata, dengan beberapa versi yang dapat disesuaikan dengan situasi yang berbeda (Sutisnawati *et al.*, 2025).

Keberhasilan peningkatan keterampilan proses sains ini dapat dijelaskan dengan menerapkan model EDP, sintaks EDP secara sistematis dalam e-modul 1) *Define the problem*: Siswa diajak mengenali permasalahan terkait ekosistem di lingkungan sekitar, seperti ketidakseimbangan rantai makanan atau kerusakan habitat; 2) *Research and imagine*: Siswa mencari informasi melalui observasi dan bacaan untuk memahami komponen biotik dan abiotik, serta membayangkan solusi terhadap masalah tersebut; 3) *Plan*: Siswa merancang solusi dalam bentuk skema atau model ekosistem sederhana yang mencerminkan keseimbangan alam; 4) *Create*: Mereka membuat produk atau menyusun laporan hasil pengamatan berbasis pemahaman konsep yang telah diperoleh; 5) *Test and evaluate*: Melalui diskusi kelompok dan pengujian pemahaman (LKPD, kuis), siswa menilai keefektifan solusi atau model yang dibuat; 6) *Redesign*: Jika ditemukan kekurangan, siswa diarahkan untuk melakukan revisi terhadap solusi atau kesimpulan yang mereka buat; 7) *Communicate*: Akhirnya, siswa mempresentasikan hasil kerja kelompok, baik secara lisan maupun tertulis, untuk membagikan temuan dan refleksi mereka.

Menurut Wibowo *et al.* (2024) Model EDP (*Engineering Design Process*) dalam proses pembelajaran dapat menciptakan aktivitas baru yang mengajarkan kepada siswa terkait konsep-konsep desain teknik. Sehingga, siswa dapat berpikir secara kreatif, kritis dalam memecahkan masalah, dan mengembangkan solusi teknis untuk tantangan yang diberikan. Dengan melibatkan siswa dalam aktivitas pembelajaran,

model EDP ini dapat memberikan kesempatan untuk menerapkan pengetahuan dan keterampilan STEM dalam konteks nyata, memperkuat pemahaman tentang konsep IPA dan meningkatkan partisipasi siswa dalam pembelajaran.

Penelitian e-modul berbasis *STEM EDP* di siswa kelas V di SDN Dayeuhluhur CBM Kota Sukabumi, peneliti menambahkan penilaian unjuk kerja berupa kelompok. Menurut Utomo (2018) penilaian unjuk kerja merupakan bentuk penilaian yang dilakukan dengan mengamati kegiatan siswa dalam melakukan sesuatu. Penilaian ini cocok digunakan untuk menilai tercapainya kompetensi yang menuntut siswa melakukan tugas atau ketrampilan-ketrampilan tertentu. Misalnya, menggambar suatu obyek dalam berkarya seni rupa, praktik menari dalam seni tari, dan dalam pembelajaran seni musik bisa berupa menyanyi, bermain alat musik, mengidentifikasi musik dan lain-lain.

Penilaian unjuk kerja dilakukan oleh peneliti berdasarkan rubrik yang telah disusun sebelumnya, dan disesuaikan dengan indikator keterampilan proses sains yang meliputi: mengamati, mengklasifikasi, mengukur, memprediksi, dan menyimpulkan. Setiap indikator dinilai menggunakan skala penilaian 1 sampai 4. Secara umum, skor rata-rata pada semua indikator menunjukkan bahwa keterampilan proses sains siswa berkembang dengan baik setelah menggunakan e-modul berbasis *STEM EDP*. Keterkaitan erat antara struktur e-modul dan sintaks EDP memungkinkan siswa tidak hanya memahami konsep sains, tetapi juga mengaplikasikannya dalam aktivitas nyata yang kolaboratif dan bermakna.

Peningkatan efektivitas ini dapat dijelaskan melalui penerapan tahapan-tahapan dalam sintaks EDP yang mendorong siswa untuk berpikir kritis, melakukan eksperimen, menyusun solusi, dan mempresentasikan hasilnya. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Sapphira *et al.* (2023) yang menunjukkan bahwa penggunaan pendekatan *STEM EDP* secara signifikan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kemampuan pemecahan masalah siswa melalui tahapan *define, plan, create, evaluate, dan communicate*. Penelitian tersebut menemukan bahwa kegiatan belajar berbasis EDP memungkinkan siswa untuk mengonstruksi pengetahuan melalui pengalaman langsung dan pemecahan masalah nyata.

Selain itu, penelitian oleh Ramadhani *et al.* (2022) juga mendukung temuan ini, di mana pembelajaran IPA berbasis *STEM* dengan integrasi EDP terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains, terutama dalam indikator mengamati, mengklasifikasi, memprediksi, dan menyimpulkan. Siswa yang terlibat dalam proses pembelajaran berbasis EDP lebih mampu memahami konsep melalui pendekatan eksploratif dan kolaboratif, serta menunjukkan peningkatan hasil belajar yang signifikan dibandingkan metode konvensional.

Interpretasi terhadap hasil *N-Gain* sebesar 0,72 dalam konteks ini menunjukkan bahwa e-modul mampu mengoptimalkan keterlibatan siswa dalam seluruh tahapan EDP. Siswa belajar tidak hanya sebagai penerima informasi, tetapi sebagai pemecah masalah dan pembuat keputusan dalam konteks pembelajaran ekosistem. Setiap tahapan EDP yang tercermin dalam e-modul, seperti *define the problem* melalui identifikasi isu lingkungan, *plan and create* melalui kegiatan membuat model piramida makanan, serta *test and communicate* melalui diskusi dan presentasi hasil, secara langsung membentuk pola pikir ilmiah yang merupakan fondasi keterampilan proses sains.

Dengan demikian, efektivitas e-modul ini tidak hanya ditunjukkan melalui skor akhir, tetapi juga dari proses pembelajaran yang mencerminkan transformasi cara berpikir siswa menjadi lebih ilmiah, kolaboratif, dan solutif. Keselarasan hasil penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya memperkuat klaim bahwa pendekatan

STEM EDP merupakan strategi pembelajaran yang relevan dan adaptif dalam menjawab tuntutan Kurikulum Merdeka dan pendidikan abad ke-21.

Faktor Pendukung dan Penghambat

Keberhasilan pengembangan dan implementasi e-modul berbasis STEM EDP dalam penelitian ini dipengaruhi oleh beberapa faktor pendukung. Pertama, ketersediaan fasilitas TIK di sekolah, seperti perangkat komputer dan akses internet, sangat membantu kelancaran penggunaan e-modul digital oleh siswa dan guru. Selain itu, karakter siswa kelas V yang relatif antusias, terbiasa bekerja secara kolaboratif, dan memiliki rasa ingin tahu tinggi menjadi modal utama dalam penerapan pembelajaran berbasis proyek dan eksperimen. Dukungan dari guru yang terbuka terhadap inovasi dan aktif mendampingi siswa juga turut memperlancar proses integrasi e-modul dalam pembelajaran.

Namun demikian, terdapat beberapa faktor penghambat yang perlu dicermati. Tidak semua siswa memiliki perangkat pribadi, sehingga penggunaan e-modul harus bergantian atau dilakukan secara kelompok. Variasi tingkat literasi digital siswa juga menjadi tantangan tersendiri, di mana sebagian siswa masih memerlukan waktu adaptasi dalam menggunakan fitur-fitur digital pada e-modul. Selain itu, keterbatasan waktu tatap muka di kelas serta kesiapan guru dalam mengelola pembelajaran berbasis STEM-EDP secara penuh kadang menjadi kendala dalam pelaksanaan kegiatan eksperimen atau diskusi mendalam. Oleh sebab itu, pendampingan dan pelatihan lanjutan bagi guru serta penyediaan perangkat yang memadai bagi siswa menjadi rekomendasi penting agar implementasi e-modul semakin optimal.

Implikasi Teoretis dan Praktis

Hasil penelitian ini memiliki relevansi teoretis dan praktis bagi pengembangan pembelajaran IPA di sekolah dasar. Secara teoretis, penelitian ini memperkuat konsep bahwa pengembangan bahan ajar digital, khususnya e-modul berbasis STEM dengan integrasi Engineering Design Process (EDP), dapat meningkatkan keterampilan proses sains siswa secara efektif. Temuan ini mendukung teori pembelajaran konstruktivistik dan desain instruksional modern yang menekankan pentingnya keterlibatan aktif siswa, penggunaan media interaktif, serta pembelajaran berbasis masalah nyata dalam penguasaan konsep sains.

Dari sisi praktis, e-modul yang dikembangkan dapat dimanfaatkan guru sebagai inovasi media pembelajaran yang kontekstual, menarik, dan sesuai dengan tuntutan Kurikulum Merdeka. Guru dapat menggunakan e-modul ini untuk mengembangkan pembelajaran berbasis proyek dan eksperimen, sehingga dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan motivasi siswa. Bagi sekolah, adopsi e-modul ini dapat memperkaya sumber belajar, meningkatkan kualitas pelaksanaan pembelajaran IPA, serta memperkuat profil pelajar Pancasila yang adaptif terhadap perkembangan teknologi dan sains. Sementara itu, bagi peneliti pendidikan, hasil studi ini dapat menjadi referensi dan dasar pengembangan riset lanjutan terkait bahan ajar digital berbasis STEM, evaluasi jangka panjang efektivitas e-modul, atau penerapan model serupa pada topik dan jenjang yang berbeda.

Keterbatasan dan Saran Riset Lanjut

Penelitian ini mempunyai beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, implementasi e-modul berbasis STEM EDP masih terbatas pada satu sekolah dan satu kelas dengan topik materi ekosistem, sehingga hasil penelitian belum bisa menyeluruh untuk siswa SD atau materi IPA lainnya. Kedua, penggunaan e-modul memerlukan perangkat digital yang belum sepenuhnya merata di semua lingkungan sekolah, sehingga akses dan efektivitas e-modul dapat berbeda pada

konteks sekolah dengan fasilitas TIK yang terbatas. Selain itu, penelitian ini lebih banyak menilai peningkatan keterampilan proses sains dasar, namun belum mengeksplorasi dampak jangka panjang terhadap perkembangan soft skills, sikap ilmiah, dan prestasi belajar secara luas.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, saran untuk penelitian lanjutan adalah agar studi serupa dilakukan di lebih banyak sekolah, dengan variasi materi IPA dan jenjang kelas yang berbeda, serta mempertimbangkan keberagaman fasilitas teknologi. Penelitian ke depan juga diharapkan dapat mengembangkan evaluasi lebih komprehensif, misalnya dengan menilai dampak e-modul terhadap soft skills, kemampuan berpikir tingkat tinggi, atau kolaborasi siswa, serta melakukan evaluasi longitudinal untuk melihat efektivitas e-modul dalam jangka panjang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa pengembangan e-modul berbasis STEM dengan model Engineering Design Process (EDP) pada materi ekosistem terbukti sangat layak (skor validasi 91%) dan efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa, ditunjukkan oleh nilai N-Gain rata-rata 0,72 (kategori tinggi). Integrasi pendekatan STEM dengan sintaks EDP mampu memperkuat kemampuan siswa dalam mengamati, mengklasifikasi, mengukur, memprediksi, menyimpulkan, serta mengkomunikasikan hasil belajar. Selain itu, e-modul ini juga mendorong penerapan pembelajaran berdiferensiasi, proyek berbasis masalah, kemandirian belajar, dan kolaborasi siswa yang sejalan dengan prinsip Kurikulum Merdeka. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa e-modul STEM EDP dapat menjadi rujukan pengembangan bahan ajar inovatif di sekolah dasar, karena mampu menghadirkan pembelajaran yang kontekstual, interaktif, dan sesuai kebutuhan siswa di era digital. Meski demikian, temuan penelitian masih terbatas pada satu sekolah dan satu topik tertentu, sehingga diperlukan uji coba lebih luas pada berbagai konteks, materi, dan evaluasi dampak jangka panjang. Ke depan, pengembangan bahan ajar serupa yang mengintegrasikan teknologi, pendekatan STEM, dan model EDP berpotensi besar untuk meningkatkan kualitas pembelajaran sains sekaligus mendukung implementasi Kurikulum Merdeka secara berkelanjutan.

REKOMENDASI

Bagi peneliti selanjutnya, direkomendasikan untuk mengembangkan e-modul dari segi konten, visual, dan fitur interaktif, serta memperluas cakupan penelitian agar efektivitasnya dapat diuji pada jenjang dan konteks yang lebih beragam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada orang tua, dosen pembimbing serta PGSD UMMI yang berkaitan langsung dengan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Andaresta, N., & Rachmadiarti, F. (2021). Pengembangan E-Book Berbasis STEM Pada Materi Ekosistem untuk Melatihkan Kemampuan Literasi Sains Siswa. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 10(3). <https://doi.org/10.26740/bioedu.v10n3.p635-646>
- Arifin, B., & Ibrahim, S. (2018). Struktur, Bioaktivitas Dan Antioksidan Flavonoid. *Jurnal Zarah*, 6(1). <https://doi.org/10.31629/zarah.v6i1.313>
- Balkis Arova, R., Rosidi, I., Muharrami, L. K., Qomaria, N., & Fikriyah, A. (2024). Uji Kelayakan E-Modul Berbasis Web Menggunakan Situs Google sites Pada Materi

- Zat Aditif Dan Adiktif. *Jurnal Natural Science Educational Research*, 7(1), 81–84.
- Herawati, N. S., & Muhtadi, A. (2018). Pengembangan modul elektronik (e-modul) interaktif pada mata pelajaran Kimia kelas XI SMA. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 5(2). <https://doi.org/10.21831/jitp.v5i2.15424>
- Hertel, G., Stone, D. L., Johnson, R. D., & Passmore, J. (2017). The Wiley Blackwell Handbook of the Psychology of the Internet at Work. In *The Wiley Blackwell Handbook of the Psychology of the Internet at Work*. <https://doi.org/10.1002/9781119256151>
- Lestari, S. (2018). Peran Teknologi dalam Pendidikan di Era Globalisasi. *EDURELIGIA; Jurnal Pendidikan Agama Islam*, 2(2). <https://doi.org/10.33650/edureligia.v2i2.459>
- Mariam Hoerunnisa, Shinta Purnamasari, & Andinisa Rahmaniar. (2024). Analisis Analisis Implementasi Science Technology Engineering Mathematics (STEM) dalam Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 14(1), 79–89. <https://doi.org/10.37630/jpm.v14i1.1469>
- Masus, S. B., & Fadhilaturrahmi, F. (2020). Peningkatan Keterampilan Proses Sains Ipa Dengan Menggunakan Metode Eksperimen di Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling (JPDK)*, 2(2). <https://doi.org/10.31004/jpdk.v2i1.1129>
- Nuraini, N., & Waluyo*, E. (2021). Pengembangan Desain Instruksional Model Project Based Learning Terintegrasi Keterampilan Proses Sains Untuk Meningkatkan Literasi Sains. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 5(1). <https://doi.org/10.24815/jipi.v5i1.20145>
- Pratiwi, A. S., & Hardini, A. T. A. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Permainan Ular Tangga untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa dalam Mata Pelajaran IPA Kelas IV SD. *JIIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 5(12). <https://doi.org/10.54371/jiip.v5i12.1271>
- Ramadhani, W. N., Aristya Putra, P. D., & Novenda, I. L. (2022). Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKS) Berbasis Engineering Design Process (EDP) Pada Topik Pemanasan Global Dalam Pembelajaran IPA DI SMP. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 6(1). <https://doi.org/10.37478/optika.v6i1.1062>
- Ratri, A. Y., Putra, P. D. A., Rusianto, & Nuha, U. (2024). Pengembangan Modul Berbasis Engineering Design Process (EDP) dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa SMP Pada Pembelajaran IPA. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(1), 93–98. <https://doi.org/10.29303/jipp.v9i1.1863>
- Rusminati, S. H., & Juniarso, T. (2023). Studi Literatur: STEM untuk Menumbuhkan Keterampilan Abad 21 di Sekolah Dasar. *Journal on Education*, 5(3). <https://doi.org/10.31004/joe.v5i3.1974>
- Saphira, A. P. V., Wahyuningsih, D., & Sari, M. W. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran Engineering Design Process (EDP) Berbasis Stem terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMP. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 12(3). <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v12i3.79316>
- Saputri, V., & Herman, T. (2022). Integrasi STEM Dalam Pembelajaran Matematika: Dampak Terhadap Kompetensi Matematika Abad 21. *Journal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 5(1).
- Seruni, R., Munawaoh, S., Kurniadewi, F., & Nurjayadi, M. (2019). Pengembangan Modul Elektronik (E-MODULE) Biokimia Pada Materi Metabolisme Lipid Menggunakan Flip Pdf Professional. *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)*, 4(1). <https://doi.org/10.15575/jtk.v4i1.4672>
- Sugiyono. (2020). *Metodelogi Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Sukmadinata, N. S. (2016). *Metode Penelitian Pendidikan*. Remaja Rosdakarya.

- Sutisnawati, A., Rahmawati, Y., Sumantri, M. S., & Lestari, I. (2025). A Review of Integration of Engineering Design Process (EDP) Learning Model through STEM Approach in Elementary Schools. *EduBasic Journal : Jurnal Pendidikan Dasar*, 7(1), 129–145.
- Utomo, U. (2018). *Penilaian Unjuk Kerja Teori dan Implementasinya dalam Pembelajaran Bernyanyi dan Bermain Alat Musik* (A. Kurniawan (ed.)). Universitas Negeri Semarang.
- Wibowo, A., Hidayat, F. N., & Safira, N. R. (2024). Modul Berpendekatan STEM berbasis EDP Terintegrasi AR sebagai Upaya Pengoptimalan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Seminar Nasional IPA XIV*, 389–398.