

Pengembangan Modul Berbasis STEM Pada Materi Ekosistem Untuk Peserta Didik Fase E Tingkat SMA Sederajat

Suci Ramadhani ^{1*}, Aulia Afza ², Diana Susanti ³

^{1, 2, 3} Universitas PGRI Sumatera Barat, Indonesia

* suciiiramadhaniii21@gmail.com

Abstrak

Urgensi penelitian ini terletak pada perlunya pengembangan modul berbasis STEM pada materi ekosistem untuk peserta didik fase E tingkat SMA/MA agar pembelajaran menjadi lebih menarik, aplikatif, dan mampu mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kreatif, serta pemecahan masalah yang sangat dibutuhkan dalam menghadapi tantangan abad 21. Di SMA Negeri 3 Padang, keterbatasan buku paket serta tidak tersedianya modul pembelajaran yang lengkap menyebabkan peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami materi secara mandiri dan sistematis. Modul yang digunakan selama ini bersifat internal dan belum memenuhi kelengkapan komponen sebagai bahan ajar yang ideal. Salah satu pendekatan yang relevan dalam pengembangan bahan ajar adalah *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM), khususnya pada materi ekosistem, karena dapat mendorong keterlibatan peserta didik dalam mengamati, menganalisis, serta merancang solusi terhadap permasalahan kontekstual di lingkungan sekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan modul cetak berbasis STEM pada materi ekosistem untuk peserta didik Fase E tingkat SMA. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Research and Development*) dengan menggunakan model 4D (*Define, Design, Develop, dan Disseminate*), namun dibatasi hanya sampai tahap *Develop*. Teknik pengumpulan data yaitu dengan menyebarkan angket. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi angket validitas dan angket praktikalitas. Uji validitas dilakukan oleh dua orang dosen ahli materi dan ahli media, sedangkan uji kepraktisan melibatkan satu guru biologi serta 35 peserta didik kelas X. Analisis data dari angket validitas yang diisi oleh dosen Hasil validasi oleh dosen .menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan memiliki tingkat validitas sangat tinggi dengan persentase sebesar 97,70%. Kepraktisan modul juga dinilai sangat praktis oleh guru (97,14%) dan peserta didik (88,51%). Modul ini juga memuat keterpaduan lintas disiplin yang mendukung penguatan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Dengan demikian, modul cetak berbasis STEM ini dinyatakan sangat valid dan praktis sebagai bahan ajar pada materi ekosistem di tingkat SMA.

Kata Kunci: Pengembangan, Modul Ajar, STEM, Ekosistem, Four D

Pendahuluan

Pendidikan abad ke-21 menuntut peserta didik memiliki keterampilan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif. Untuk memenuhi tuntutan tersebut, diperlukan pembelajaran yang tidak hanya menekankan aspek pengetahuan, tetapi juga keterampilan proses sains dan pendekatan yang relevan dengan kehidupan nyata. Salah satu tantangan utama dalam pembelajaran adalah penyediaan bahan ajar yang tidak hanya menyampaikan informasi, tetapi juga membangun kemandirian dan kompetensi peserta didik. Bahan ajar merupakan komponen penting dalam proses pendidikan karena menyediakan sarana utama bagi peserta didik dalam mencapai tujuan pembelajaran. Bahan ajar yang dikembangkan secara sistematis dapat meningkatkan kualitas proses belajar mengajar serta membantu peserta didik dalam memahami materi secara mandiri (Sari & Budiyanto, 2019).

<https://doi.org/10.54065/pelita.5.2.2025.898>

Modul ajar merupakan seperangkat alat belajar yang dirancang oleh pendidik untuk membantu peserta didik mencapai tujuan pembelajaran melalui penyajian materi, metode, batasan, dan evaluasi yang terstruktur (Ulfa et al., 2024). Modul tidak hanya berfungsi sebagai pelengkap buku teks, tetapi juga sebagai alternatif bahan ajar yang kontekstual serta disesuaikan dengan karakteristik dan lingkungan sosial peserta didik. Hal ini memungkinkan peserta didik untuk memperoleh sumber belajar yang lebih relevan dan mudah diakses, terutama ketika buku teks sulit diperoleh (Bawamenewi, 2019). Modul disusun secara sistematis untuk mendukung pembelajaran mandiri, baik dalam format cetak maupun digital, serta memfasilitasi pemahaman materi secara bertahap sesuai dengan kemampuan dan kecepatan belajar individu. Dalam praktiknya, penggunaan modul terbukti mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran karena memuat konten yang terstruktur, tujuan pembelajaran yang jelas, dan latihan yang relevan untuk penguasaan materi (Widodo & Wahyudin, 2018). Selain itu, modul juga berperan dalam membangun kemandirian belajar, meningkatkan motivasi, dan memperkuat keterlibatan peserta didik secara aktif dalam proses pembelajaran. Modul yang dirancang secara baik mampu mengakomodasi berbagai gaya belajar serta menjadi media pembelajaran yang fleksibel dalam konteks luring maupun daring (Ariani & Haryanto, 2022).

Modul merupakan salah satu bentuk bahan ajar yang disusun secara sistematis untuk membantu proses pembelajaran mandiri, baik dalam format cetak maupun digital. Modul dapat digunakan secara mandiri oleh peserta didik karena disusun oleh guru dengan mempertimbangkan karakteristik serta kebutuhan peserta didik dalam proses pembelajaran (Anisa et al., 2022). Penggunaan modul dalam pembelajaran terbukti mampu meningkatkan efektivitas belajar karena menyediakan konten yang terstruktur, tujuan pembelajaran yang jelas, serta latihan yang mendukung penguasaan materi (Widodo & Wahyudin, 2018). Selain itu, modul juga berperan sebagai sarana untuk membangun kemandirian belajar, meningkatkan motivasi, dan memperkuat keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran (Ariani & Haryanto, 2022). Modul yang dirancang dengan baik dapat mengakomodasi berbagai gaya belajar dan kebutuhan peserta didik, sekaligus menjadi alternatif pembelajaran yang fleksibel di berbagai konteks, termasuk pembelajaran daring maupun luring. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru Biologi Fase E di SMA Negeri 3 Padang, sumber pembelajaran utama yang digunakan adalah buku paket dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Namun, buku tersebut hanya dapat diakses peserta didik saat jam pelajaran di sekolah. Sebagai pendukung belajar, guru menggunakan LKPD dan modul pembelajaran yang bersifat internal serta tidak dibagikan kepada peserta didik. Sementara itu, akses materi tambahan secara mandiri melalui catatan atau internet seringkali tidak terarah, tidak sesuai capaian pembelajaran, dan kurang sistematis.

Berdasarkan hasil analisis terhadap modul, diketahui bahwa modul memiliki kelebihan seperti keberadaan cover, identitas modul yang lengkap, profil pelajar pancasila, glosarium, serta daftar pustaka. Namun, terdapat beberapa kekurangan signifikan, yaitu belum adanya kata pengantar, petunjuk penggunaan, capaian pembelajaran (CP), dan sub tujuan pembelajaran (sub-TP). Selain itu, materi pembelajaran kurang didukung oleh rangkuman, latihan, dan penilaian diri. Modul ini juga belum mencakup evaluasi sebagai komponen penting untuk mengukur pemahaman peserta didik. Sebagai tindak lanjut, rencana perbaikan mencakup penambahan elemen-elemen yang belum ada, seperti kata pengantar, petunjuk penggunaan, CP, sub-TP, rangkuman, latihan, penilaian diri, serta evaluasi untuk meningkatkan kualitas modul. Dalam pengembangan modul ajar, pendekatan pembelajaran memegang peranan penting dalam menentukan arah, metode, dan aktivitas yang akan dilakukan selama proses belajar. Pendekatan pembelajaran merupakan landasan konseptual dalam pemilihan strategi dan metode pembelajaran yang digunakan guru, serta perlu disesuaikan dengan tujuan pembelajaran

dan karakteristik peserta didik (Sagala, 2017). Beberapa pendekatan yang sering digunakan dalam pengembangan modul ajar antara lain pendekatan saintifik, kontekstual, berbasis masalah, berbasis proyek, dan pendekatan STEM.

Salah satu pendekatan yang dinilai relevan dan efektif untuk diterapkan dalam pembelajaran materi ekosistem adalah pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Pendekatan STEM bertujuan untuk mempersiapkan peserta didik dengan keterampilan yang relevan untuk menghadapi dunia nyata dan mampu menerapkan pengetahuan mereka dalam berbagai situasi nyata (Pasuruan 2024). Pendekatan STEM mendorong integrasi antardisiplin ilmu sehingga peserta didik tidak hanya memahami konsep ekologi secara teoretis, tetapi juga menjalani pengamatan, eksperimen, dan analisis data lingkungan secara langsung (Khairati et al., 2021). Selain itu, penelitian lain juga menegaskan bahwa penggunaan pendekatan STEM dalam pembelajaran ekosistem meningkatkan literasi sains serta keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran, menghubungkan konsep ilmiah dengan isu lingkungan nyata (Jones et al., 2022). Materi ekosistem dinilai relevan untuk diintegrasikan dengan pendekatan STEM, karena mampu mengembangkan keterampilan berpikir kritis peserta didik melalui kegiatan eksperimen serta pemecahan masalah yang berfokus pada interaksi antara makhluk hidup dan lingkungannya (Yasifa et al., 2023).

Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan modul pembelajaran yang mengintegrasikan pendekatan STEM secara khusus pada materi ekosistem untuk peserta didik fase E tingkat SMA/MA, yang belum banyak dikaji secara komprehensif. Modul ini dirancang tidak hanya untuk menyampaikan konsep teoritis ekosistem, tetapi juga menghubungkan ilmu pengetahuan, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam satu kesatuan pembelajaran yang aplikatif dan kontekstual, sehingga meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, dan kemampuan pemecahan masalah siswa secara terpadu. Selain itu, penelitian ini menghadirkan model modul yang disesuaikan dengan karakteristik fase E, yang menjadi titik inovasi dalam pengembangan bahan ajar berbasis STEM pada konteks ekosistem.

Metode

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Research and Development/R&D*) yang berfokus pada pengembangan modul ajar berbasis STEM pada materi ekosistem untuk peserta didik fase E tingkat SMA/MA. Latar belakang penelitian ini adalah kebutuhan akan bahan ajar yang mampu mengintegrasikan empat elemen utama dalam pendekatan STEM, yaitu sains, teknologi, rekayasa (*engineering*), dan matematika secara kontekstual dalam pembelajaran ekosistem. Integrasi keempat elemen tersebut diyakini dapat membantu siswa memahami konsep ekosistem secara lebih mendalam sekaligus meningkatkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, serta kreativitas yang menjadi tuntutan pembelajaran abad ke-21. Pemilihan materi ekosistem juga didasarkan pada karakteristiknya yang erat dengan fenomena kehidupan sehari-hari, sehingga sangat relevan untuk dihubungkan dengan konteks nyata melalui pembelajaran berbasis STEM. Dengan demikian, pengembangan modul ini diharapkan dapat menjadi salah satu inovasi bahan ajar yang mampu mendukung implementasi kurikulum merdeka dan mendorong terciptanya pembelajaran bermakna.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari hingga Juli 2025 di SMA Negeri 3 Padang dan Universitas PGRI Sumatera Barat. Model pengembangan yang digunakan mengacu pada model 4D yang dikembangkan oleh Thiagarajan dan Semmel, yang terdiri atas empat tahap utama, yaitu *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), dan *disseminate* (penyebaran). Namun, penelitian ini hanya dilaksanakan hingga tahap *develop* karena adanya

keterbatasan waktu dan fokus penelitian, sedangkan tahap *disseminate* tidak dilakukan. Meskipun demikian, pelaksanaan hingga tahap *develop* sudah cukup untuk menghasilkan produk berupa modul ajar berbasis STEM yang layak digunakan dan divalidasi dari segi kelayakan isi, kebahasaan, dan penyajian. Hasil dari tahapan ini diharapkan dapat memberikan gambaran awal mengenai efektivitas modul sekaligus membuka peluang penelitian lanjutan untuk tahap penyebaran dan uji coba lebih luas pada konteks sekolah yang berbeda.

Peneliti pada tahap *define* melakukan analisis kebutuhan awal melalui wawancara dengan guru biologi di SMA Negeri 3 Padang untuk mengidentifikasi kendala dalam pembelajaran ekosistem. Hasil wawancara menunjukkan terbatasnya bahan ajar yang mendukung pembelajaran berbasis STEM serta kurang optimalnya keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran aktif dan kontekstual. Selain itu, dilakukan analisis karakteristik peserta didik termasuk kemampuan akademik dan gaya belajar, serta evaluasi tugas yang berkaitan dengan capaian pembelajaran, bahan kajian, dan tujuan pembelajaran. Analisis ini bertujuan untuk memastikan modul yang dikembangkan mampu menyesuaikan dengan kebutuhan peserta didik dan mendukung pencapaian kompetensi secara efektif.

Tahap *design* meliputi perancangan struktur modul ajar yang sistematis dan mudah dipahami oleh peserta didik, pemilihan konten materi yang relevan dan sesuai dengan kurikulum, serta strategi pembelajaran berbasis STEM yang mengintegrasikan aspek sains, teknologi, rekayasa, dan matematika secara holistik. Dalam tahap ini, modul dirancang untuk menekankan keterkaitan antar disiplin ilmu serta penerapan konsep melalui penyelesaian masalah kontekstual yang dekat dengan kehidupan sehari-hari siswa. Selain itu, perancangan juga mencakup pengembangan media pembelajaran yang mendukung dan instrumen evaluasi yang valid serta reliabel untuk mengukur pencapaian kompetensi. Pendekatan pembelajaran yang dipilih bertujuan untuk mendorong peserta didik agar mampu berpikir kritis, bekerja secara kolaboratif, serta melakukan refleksi terhadap proses dan hasil pembelajaran, sehingga keterampilan abad 21 dapat berkembang secara optimal.

Modul pada tahap *develop* yang telah dirancang selanjutnya divalidasi oleh dua dosen ahli, yaitu ahli materi dan ahli media pembelajaran. Proses validasi meliputi penilaian terhadap kelayakan isi modul, penggunaan bahasa, penyajian materi, aspek kegrafikan, serta integrasi komponen STEM secara menyeluruh. Berdasarkan masukan dan saran dari para validator, dilakukan revisi untuk memperbaiki dan menyempurnakan modul agar memenuhi standar kualitas yang diharapkan. Setelah revisi selesai, modul kemudian diuji coba secara terbatas untuk mengevaluasi tingkat keterlaksanaan dan kepraktisannya dalam proses pembelajaran. Uji praktikalitas ini melibatkan satu guru biologi sebagai pengampu dan 35 peserta didik kelas X di SMA Negeri 3 Padang sebagai responden uji coba, guna mengukur efektivitas modul dalam mendukung pembelajaran ekosistem berbasis STEM.

Instrumen pengumpulan data dalam penelitian ini terdiri atas angket validitas dan angket praktikalitas. Angket validitas digunakan untuk memperoleh penilaian dari para ahli terkait kelayakan dan kualitas modul yang dikembangkan, meliputi aspek isi, kebahasaan, penyajian, kegrafikan, dan komponen STEM. Sementara itu, angket praktikalitas digunakan untuk menilai sejauh mana modul tersebut mudah digunakan dan efektif dalam proses pembelajaran oleh guru serta peserta didik. Data yang diperoleh dari kedua instrumen ini kemudian dianalisis secara deskriptif kualitatif dengan menggunakan teknik persentase untuk memudahkan pengambilan kesimpulan. Hasil analisis tersebut diinterpretasikan guna menentukan tingkat kevalidan dan kepraktisan modul ajar berbasis STEM yang dikembangkan, sehingga dapat diketahui apakah modul tersebut layak digunakan sebagai bahan ajar di kelas.

Hasil

Modul berbasis STEM dikembangkan menggunakan model 4D yang melibatkan tiga tahap, yaitu pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), dan pengembangan (*develop*). Pada pengembangan modul berbasis STEM untuk materi ekosistem, dilakukan tiga tahap yaitu, pendefinisian, perancangan, dan pengembangan. Hasil yang diperoleh dari proses ini adalah sebagai berikut: Pada tahap perancangan, bagian awal modul terdiri dari sampul (cover) yang memuat informasi penting, seperti judul materi, kelas, nama penyusun, lambang Kurikulum Merdeka, logo Tut Wuri Handayani, serta background berwarna hijau tua yang dilengkapi dengan gambar ilustratif yang relevan dengan topik ekosistem sebagai pendukung visual. Setelah bagian sampul, modul dilengkapi dengan kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, dan daftar tabel, yang bertujuan untuk memudahkan pembaca dalam menavigasi isi modul. Selanjutnya, modul memuat petunjuk penggunaan yang memberikan panduan bagi pendidik dan peserta didik mengenai cara optimal dalam memanfaatkan modul selama proses pembelajaran. Pada bagian inti, disajikan deskripsi singkat materi dan uraian materi yang telah disesuaikan dengan capaian pembelajaran serta disusun secara runtut dan komunikatif.

Modul ini juga dirancang untuk mengintegrasikan pendekatan STEM melalui penyajian aktivitas STEM yang menekankan pada keterkaitan antardisiplin sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam konteks pembelajaran ekosistem. Untuk mendukung proses evaluasi pembelajaran, modul dilengkapi dengan penilaian formatif dan soal evaluasi yang dapat digunakan oleh guru untuk mengukur ketercapaian pemahaman peserta didik secara berkala. Di bagian akhir, modul juga menyajikan glosarium yang berisi istilah-istilah penting, daftar pustaka yang memuat sumber-sumber referensi yang digunakan dalam pengembangan materi, serta profil penulis yang memberikan informasi singkat mengenai latar belakang penyusun modul. Struktur ini dirancang agar modul tidak hanya informatif, tetapi juga praktis dan menarik untuk digunakan dalam proses pembelajaran berbasis STEM.

Tahap pengembangan dalam penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan modul ajar yang valid dan praktis. Pada tahap ini, dilakukan pengisian angket untuk menilai tingkat validitas dan praktikalitas modul. Penilaian validitas dilakukan oleh dua orang validator yang merupakan dosen ahli materi dan media, sedangkan angket praktikalitas diberikan kepada satu guru biologi dan 35 peserta didik kelas X. Hasil penilaian disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Hasil uji validitas oleh dosen

No	Aspek	Validator		Skor Perolehan	Nilai Validasi (%)	Kriteria
		V1	V2			
1	Kelayakan Isi	37	39	76,00	95,00	Sangat Valid
2	Kebahasaan	24	25	49,00	98,00	Sangat Valid
3	Penyajian	35	35	70,00	100,00	Sangat Valid
4	Kegrafikan	24	25	49,00	98,00	Sangat Valid
5	Komponen STEM	20	19	39,00	97,50	Sangat Valid
Total					488,50	Sangat Valid
Rata-rata					97,70	

Pada Tabel 1, diketahui hasil validitas yang menunjukkan kriteria sangat valid dengan rata-rata 97,70% untuk aspek kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, kegrafikan, dan komponen STEM. Aspek-aspek dalam modul yang telah direvisi didasarkan pada saran dan masukan dari validator.

Tabel 2. Hasil uji praktikalitas modul oleh guru

No	Aspek	Responden	Skor	Nilai Praktikalitas (%)	Kriteria
1	Kemudahan Penggunaan	40	40	100,00	Sangat Praktis
2	Efisiensi Waktu Pembelajaran	10	10	100,00	Sangat Praktis
3	Manfaat	32	32	91,42	Sangat Praktis
Total				291,42	Sangat
Rata-rata				97,14	Praktis

Hasil analisis yang telah dilakukan oleh guru biologi SMA Negeri 3 Padang didapatkan hasil pada tabel 2, yaitu dengan nilai 97,14% yang berarti modul memiliki kriteria sangat praktis yang dapat dilihat dari 3 aspek yaitu kemudahan penggunaan, efisiensi waktu pembelajaran dan manfaat.

Tabel 3. Hasil uji praktikalitas modul oleh peserta didik

No	Aspek	Responden	Skor	Nilai Praktikalitas (%)	Kriteria
1	Kemudahan Penggunaan	1277	1277	91,21	Sangat Praktis
2	Efisiensi Waktu Pembelajaran	301	301	86,00	Sangat Praktis
3	Manfaat	1082	1082	88,32	Sangat Praktis
Total				265,53	Sangat
Rata-rata				88,51	Praktis

Hasil analisis yang telah dilakukan oleh peserta didik SMA Negeri 3 Padang didapatkan hasil pada tabel 3, yaitu dengan nilai 88,51% yang berarti modul memiliki kriteria sangat praktis yang dapat dilihat dari 3 aspek yaitu kemudahan penggunaan, efisiensi waktu pembelajaran dan manfaat.

Pembahasan

Berdasarkan analisis data dari angket validitas yang diisi oleh dosen, diperoleh rata-rata nilai validitas sebesar 97,70%, yang termasuk dalam kategori sangat valid. Hal ini dapat dilihat dari uji validitas terhadap modul mencakup beberapa aspek, yaitu kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, kegrafikan, komponen STEM. Pada aspek validasi kelayakan isi modul, diperoleh hasil sebesar 95% dengan kriteria sangat valid. Pernyataan dalam aspek ini mencakup kesesuaian materi dengan kurikulum merdeka, kemudahan pemahaman isi, kebenaran substansi materi, penyajian contoh-contoh konkret, serta kebermanfaatan materi bagi peserta didik. Suatu bahan ajar dikatakan valid apabila bahan ajar tersebut memuat struktur bahasa yang jelas serta mudah dibaca dan dipahami, sesuai dengan kurikulum, capaian pembelajaran, bahan kajian, dan kebenaran substansi materi pembelajaran (Aisyah, et al., 2017). Validitas isi bahan ajar merujuk pada kesesuaian materi yang disusun dengan kompetensi dasar, indikator pencapaian, dan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai dalam kurikulum (Dwipayanti et al., 2024).

Aspek kebahasaan, diperoleh hasil validasi sebesar 98% dengan kriteria sangat valid, yang menunjukkan bahwa modul telah memenuhi standar penggunaan bahasa secara optimal. Pernyataan dalam aspek ini mencakup kejelasan identitas modul, kejelasan informasi, penggunaan kaidah Bahasa Indonesia yang baik dan benar, keterpahaman bahasa, serta kejelasan kalimat yang digunakan. Hal ini penting karena penyusunan struktur kebahasaan yang kurang tepat dan efektif dapat menimbulkan kesalahan penafsiran peserta didik dalam memahami materi yang disajikan. Bahasa yang digunakan dalam modul tidak hanya berfungsi sebagai alat komunikasi, tetapi juga sebagai sarana penyampaian konsep dan pengetahuan yang harus mudah dipahami. Oleh karena itu, kebahasaan dalam modul perlu disajikan secara informatif, jelas, dan efektif agar dapat mempermudah pembaca memahami isi materi serta menghindari terjadinya miskonsepsi (Pradita & Lubis, 2018). Validasi yang tinggi pada aspek ini

menegaskan bahwa modul telah memiliki kualitas kebahasaan yang baik sehingga mampu mendukung ketercapaian tujuan pembelajaran.

Sementara itu, pada aspek penyajian diperoleh hasil validasi sebesar 100% dengan kriteria sangat valid, yang berarti modul telah memenuhi prinsip penyajian bahan ajar yang ideal. Aspek ini meliputi kejelasan indikator dan tujuan pembelajaran, keterpahaman materi yang disampaikan, relevansi gambar dengan isi materi, serta keberadaan petunjuk langkah-langkah kegiatan yang berpusat pada peserta didik. Penyajian yang disusun secara sistematis, dilengkapi dengan indikator dan tujuan yang jelas, serta petunjuk kegiatan yang terarah akan memudahkan siswa dalam mengikuti alur pembelajaran. Lebih jauh, penyajian materi yang terstruktur dengan dukungan visual yang relevan juga dapat meningkatkan motivasi belajar sekaligus memperkuat pemahaman konsep siswa. Penyajian bahan ajar yang baik menjadi komponen penting dalam menentukan keterpahaman dan efektivitas proses pembelajaran. Dengan demikian, kualitas penyajian modul ini dapat dikatakan sudah sangat mendukung terciptanya proses pembelajaran yang lebih bermakna bagi peserta didik (Sari & Kuswanto, 2018).

Aspek kegrafikan didapat hasil 98% dengan kriteria sangat valid. Pada aspek ini terdapat beberapa pernyataan pada modul seperti bentuk ukuran huruf terlihat jelas, jenis huruf yang digunakan sesuai menggunakan huruf Times New Roman, layout atau tampilan pada cover dalam modul sesuai, tata letak isi dalam modul sesuai, tampilan gambar sesuai pada modul. Format keterbacaan teks yang mencakup jenis font, ukuran huruf, dan pengaturan spasi—berkontribusi signifikan dalam meningkatkan kecepatan membaca peserta didik tanpa mengurangi pemahaman terhadap isi bacaan (Day et al., 2024). Pada aspek komponen STEM, diperoleh hasil validasi sebesar 97,50% dengan kriteria sangat valid. Hal ini mencerminkan bahwa modul telah menyajikan aktivitas pembelajaran yang memadukan unsur sains, teknologi, teknik, dan matematika secara terpadu. Aktivitas STEM dalam modul bertujuan untuk mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam memahami konsep ekosistem. Penerapan model pembelajaran berbasis proyek yang terintegrasi dengan pendekatan STEM secara signifikan mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan keterampilan kolaborasi peserta didik pada materi ekosistem (Ningrum et al., 2024).

Berdasarkan hasil analisis praktikalitas yang diisi oleh guru biologi didapatkan nilai praktikalitas 97,14% dengan kriteria sangat praktis sedangkan peserta didik diperoleh nilai praktikalitas 88,51% dengan kriteria sangat praktis. Aspek ini mencakup tiga aspek yang terdiri atas kemudahan penggunaan, efisiensi waktu pembelajaran, dan manfaat dari modul ini. Pada aspek kemudahan penggunaan dinyatakan hasil data praktikalitas pada guru dengan kriteria sangat praktis dengan nilai praktikalitas 100% sedangkan praktikalitas pada peserta didik didapatkan kriteria sangat praktis dengan nilai praktikalitas 92,21%. Tingginya nilai ini menunjukkan bahwa materi dalam modul disusun secara sistematis, jelas, dan sesuai dengan tujuan pembelajaran. Selain itu, keberadaan petunjuk penggunaan yang jelas, bahasa yang mudah dipahami, serta pemilihan jenis huruf yang mudah dibaca turut mendukung kemudahan penggunaan modul dalam proses pembelajaran.

Perangkat pembelajaran dikatakan praktis apabila mudah digunakan dan dilengkapi dengan petunjuk penggunaan yang jelas serta sistematis (Sari & Wulandari 2020). Praktikalitas bahan ajar sangat dipengaruhi oleh kemudahan penggunaan, kejelasan materi, serta bahasa yang mudah dipahami oleh peserta didik. Bahan ajar yang praktis harus memiliki struktur yang sistematis dan isi yang sesuai dengan tujuan pembelajaran, sehingga memudahkan guru dan peserta didik dalam penggunaannya (Afsani, Muis, & Arifin, 2023).

Aspek efisiensi waktu pembelajaran dinyatakan hasil data praktikalitas pada guru dengan kriteria sangat praktis dengan nilai praktikalitas 100% sedangkan praktikalitas pada peserta didik didapatkan kriteria sangat praktis dengan nilai praktikalitas 86%. Pada aspek efisiensi waktu pembelajaran terdapat pernyataan yaitu dengan menggunakan modul ini, waktu pembelajaran lebih efisien dan peserta didik dapat belajar mandiri sesuai dengan kemampuan masing-masing. Modul merupakan bahan ajar mandiri yang memungkinkan peserta didik belajar sesuai kecepatan dan kemampuannya masing-masing, tanpa harus sepenuhnya bergantung pada kehadiran guru (Prastowo, 2015). Pada aspek manfaat modul, hasil praktikalitas dari guru mencapai 91,42% dengan kriteria sangat praktis, sedangkan hasil praktikalitas dari peserta didik mencapai 88,32%, yang juga termasuk dalam kriteria sangat praktis. Modul pembelajaran yang praktis dan bermanfaat dapat mendukung guru sebagai fasilitator, mengurangi beban kerja guru dalam penyampaian materi secara berulang, serta mendorong kemandirian belajar peserta didik dalam memahami konsep pembelajaran (Putri & Hidayat 2021).

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan modul ajar berbasis STEM pada materi ekosistem untuk peserta didik fase tingkat SMA/MA dengan menggunakan model pengembangan 4D (*Define, Design, Develop, dan Disseminate*). Hasil validitas modul menunjukkan nilai 97,70% dengan tingkat validitas yang sangat tinggi, yang mencakup kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, kegrafikan, dan komponen STEM. Selain itu, aspek praktikalitas modul memperoleh kriteria sangat praktis dari penilaian guru maupun peserta didik. Guru memberikan nilai praktikalitas sebesar 97,14%, sedangkan peserta didik memberikan nilai 88,51%, yang keduanya termasuk kategori sangat praktis. Modul ini memudahkan guru dalam proses pembelajaran dengan petunjuk penggunaan yang jelas dan sistematis serta membantu peserta didik dalam belajar mandiri dan memahami konsep ekosistem secara lebih mendalam. Secara keseluruhan, modul ini memenuhi kriteria kelayakan dari segi validitas dan praktikalitas, sehingga layak digunakan sebagai bahan ajar yang valid dan praktis dalam pembelajaran biologi berbasis STEM. Pengembangan modul ini dapat menjadi alternatif inovatif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran ekosistem pada jenjang SMA/MA.

Penelitian pengembangan modul berbasis STEM pada materi ekosistem untuk peserta didik fase E tingkat SMA/MA memiliki implikasi penting dalam meningkatkan kualitas pembelajaran biologi, khususnya dalam mengintegrasikan konsep sains, teknologi, rekayasa, dan matematika secara kontekstual sehingga dapat mendorong peningkatan keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan pemecahan masalah siswa. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan, antara lain uji coba yang hanya dilakukan secara terbatas pada satu kelas di satu sekolah sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasi ke tingkat yang lebih luas. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan uji coba yang lebih luas dan melibatkan berbagai sekolah dengan karakteristik peserta didik yang berbeda, serta mengembangkan modul dengan variasi media pembelajaran yang lebih beragam untuk meningkatkan keefektifan dan daya tarik pembelajaran berbasis STEM secara optimal

Acknowledgment

-

Daftar Pustaka

- Afsani, N., Muis, A., & Arifin, A. (2023). The practicality of teaching material supplements for growth and development materials based on drought-stressed plant studies. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(1), Article 2708. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i1.2708>
- Aisyah, D. W., Gipayana, M., & Djatmika, E. T. (2017). Pengembangan bahan ajar berbasis literasi bercirikan quantum teaching untuk mengoptimalkan pembelajaran efektif dan produktif. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 2(5), 667–675. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v2i5.10144>
- Anisa, I. S., Triwoelandari, R., & Yono, Y. (2022). Pengembangan modul pembelajaran ilmu pengetahuan alam berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) untuk meningkatkan berpikir kritis siswa SD/MI. *Refleksi Edukatika: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 12(2), 224–233. <https://doi.org/10.24176/re.v12i2.6840>
- Ariani, D. N., & Haryanto, A. (2022). The use of learning modules to increase student learning independence and achievement. *International Journal of Education and Learning*, 4(1), 23–30. <https://doi.org/10.31763/ijele.v4i1.456>
- Bawamenewi, A. (2019). Pengembangan bahan ajar memparafrasekan puisi “Aku” berdasarkan model pembelajaran Problem Based Learning (PBL). *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran*, 2(2), 310–323. <https://doi.org/10.31004/jrpp.v2i2.631>
- Day, S., Atilgan, N., Giroux, A. E., & Sawyer, B. D. (2024). *The influence of format readability on children’s reading speed and comprehension*. *Education Sciences*, 14(8), 854. <https://doi.org/10.3390/educsci14080854>
- Dwipayanti, A., Muhtadi, A., & Abdurrahman, A. (2024). Kebutuhan pengembangan modul elektronik berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 9(1), 47–58. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v9i1.5435>
- Jones, A., Smith, B., & Lee, C. (2022). Connecting students’ interests to a learning context: The case of ecosystem services in STEM education. *Education Sciences*, 12(5), 318. <https://doi.org/10.3390/educsci12050318>
- Khairati, K., Artika, W., Sarong, M. A., Abdullah, A., & Hasanuddin, H. (2021). Implementation of STEM-based experiential learning to improve critical thinking skills on ecosystem materials. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(4), 752–757. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v7i4.850>
- Ningrum, T. L., Wahidin, W., & Diella, D. (2024). Improving problem-solving ability and collaboration skills of ecosystem material through STEM integrated project-based learning. *Jurnal Pendidikan Biologi (JPBIO)*, 9(1), 11–20. <https://doi.org/10.31932/jpbio.v9i1.2962>
- Pasuruan, D. I. K. (2024). Penerapan pendekatan STEM untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa SD di Kabupaten Pasuruan. *JP2M (Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Matematika)*, 10(2), 342–349. <https://doi.org/10.29100/jp2m.v10i2.5654>
- Pradita, M. R., & Lubis, F. (2018). Kelayakan isi dan bahasa buku ajar Bahasa Indonesia SMP kelas VIII Kurikulum 2013 (edisi revisi 2017). *Basastra*, 7(4), 281–294. <https://doi.org/10.24114/bss.v7i4.11739>

- Prastowo, A. (2015). *Panduan kreatif membuat bahan ajar inovatif*. Diva Press.
- Putri, D. A., & Hidayat, R. (2021). Pengembangan modul pembelajaran berbasis masalah untuk meningkatkan kemandirian belajar siswa. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 8(3), 245–255. <https://doi.org/10.23887/jpp.v8i3.33680>
- Sagala, S. (2017). *Konsep dan makna pembelajaran*. Alfabeta.
- Sari, A., & Kuswanto, H. (2018). Development of interactive physics e-module with augmented reality to improve student's scientific literacy. *International Journal of Instruction*, 11(3), 1–16. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.1131a>
- Sari, D. P., & Wulandari, R. (2020). Pengembangan modul pembelajaran biologi berbasis masalah untuk meningkatkan hasil belajar siswa. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 6(1), 12-21. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v6i1.10857>
- Sari, F., & Budiyanto, M. A. (2019). Pengembangan bahan ajar tematik berbasis literasi untuk meningkatkan hasil belajar siswa sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 3(4), 1390–1398. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v3i4.422>
- Ulfa, S., Irvani, A. I., & Warliani, R. (2024). Pengembangan modul ajar fisika kurikulum merdeka. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains (JPFS)*, 7(1), 51–59. <https://doi.org/10.52188/jpfs.v7i1.562>
- Widodo, A., & Wahyudin, D. (2018). Development of interactive teaching materials to foster independent learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1013(1), 012047. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012047>
- Yasifa, A., Hasibuan, N. H., Siregar, P. A., Zakiyah, S., & Anas, N. (2023). Implementasi pembelajaran STEM pada materi ekosistem terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik. *Journal on Education*, 5(4), 11385–11396. <https://doi.org/10.31004/joe.v5i4.2081>