

## **PENGEMBANGAN MODUL BERBASIS STEM PADA MATERI INOVASI BIOTEKNOLOGI UNTUK SISWA FASE F (SMA/MA)**

**Wina Oddessi Putri<sup>1</sup>, Renny Risdawati<sup>2\*</sup>, & Aulia Afza<sup>3</sup>**

<sup>1,2,&3</sup>Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Sumatera Barat, Jalan Gn. Pangilun, Padang, Sumatera Barat 25111, Indonesia

\*Email: [rennyrisdawati@gmail.com](mailto:rennyrisdawati@gmail.com)

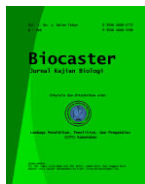
Submit: 15-02-2026; Revised: 22-02-2026; Accepted: 25-02-2026; Published: 20-04-2026

**ABSTRAK:** Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan modul berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) pada materi inovasi bioteknologi untuk siswa Fase F SMA/MA, serta menguji tingkat validitas dan praktikalitasnya. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*developmental research*) yang mengacu pada model 4D yang dikemukakan oleh Sivasailam Thiagarajan, meliputi tahap *define, design, dan develop*. Subjek penelitian terdiri atas empat validator (tiga dosen dan satu guru), satu guru biologi, serta 26 siswa kelas XII Fase F di SMA Negeri 2 Padang. Instrumen yang digunakan berupa angket validitas dan angket praktikalitas dengan skala Likert yang dimodifikasi. Hasil uji validitas menunjukkan bahwa modul berbasis STEM yang dikembangkan memperoleh nilai rata-rata sebesar 95,42% dengan kriteria sangat valid. Rincian tiap aspek meliputi kelayakan isi (98%), kebahasaan (100%), penyajian (97,1%), kegrafikan (92%), dan komponen STEM (90%). Setelah dilakukan revisi sesuai saran validator, modul dinyatakan layak untuk digunakan. Hasil uji praktikalitas oleh guru memperoleh nilai rata-rata 86% dengan kriteria sangat praktis, sedangkan oleh siswa sebesar 89,50% dengan kriteria sangat praktis. Aspek yang dinilai mencakup kemudahan penggunaan, efisiensi waktu pembelajaran, dan manfaat modul dalam proses pembelajaran. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa modul berbasis STEM pada materi inovasi bioteknologi untuk siswa Fase F SMA/MA dinyatakan sangat valid dan sangat praktis, sehingga layak digunakan sebagai bahan ajar dalam pembelajaran biologi untuk mendukung keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan pembelajaran mandiri peserta didik.

**Kata Kunci:** Fase F SMA/MA, Inovasi Bioteknologi, Kurikulum Merdeka, Modul Berbasis STEM, Pengembangan Bahan Ajar.

**ABSTRACT:** This study aims to develop a STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*)-based module on biotechnology innovation material for Phase F SMA/MA students, and to test its validity and practicality. This study is a developmental research that refers to the 4D model proposed by Sivasailam Thiagarajan, including the *define, design, and develop* stages. The research subjects consisted of four validators (three lecturers and one teacher), one biology teacher, and 26 students of grade XII Phase F at SMA Negeri 2 Padang. The instruments used were a validity questionnaire and a practicality questionnaire with a modified Likert scale. The results of the validity test showed that the developed STEM-based module obtained an average score of 95.42% with very valid criteria. Details of each aspect include content feasibility (98%), language (100%), presentation (97.1%), graphics (92%), and STEM components (90%). After revisions according to the validator's suggestions, the module was declared suitable for use. The practicality test results obtained an average score of 86%, categorized as very practical, by teachers, and 89.50%, categorized as very practical. Aspects assessed included ease of use, efficiency of learning time, and the module's usefulness in the learning process. Based on these results, it can be concluded that the STEM-based module on biotechnology innovation for Phase F high school/Islamic high school students is highly valid and practical, making it suitable for use as a teaching material in biology lessons to support critical thinking, problem-solving, and independent learning skills.

**Keywords:** Phase F High School/Islamic High School, Biotechnology Innovation, Independent Curriculum, STEM-Based Module, Teaching Material Development.



**How to Cite:** Putri, W. O., Risdawati, R., & Afza, A. (2026). Pengembangan Modul Berbasis STEM pada Materi Inovasi Bioteknologi untuk Siswa Fase F (SMA/MA). *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi*, 6(2), 828-838. <https://doi.org/10.36312/biocaster.v6i2.1119>



**Biocaster : Jurnal Kajian Biologi** is Licensed Under a CC BY-SA [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

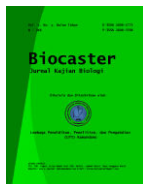
## PENDAHULUAN

Pelaksanaan kegiatan pembelajaran tidak terlepas dari penggunaan bahan ajar (Dafit & Mustika, 2021). Bahan ajar merupakan segala bentuk bahan yang disusun secara sistematis yang memungkinkan siswa dapat belajar secara mandiri dan dirancang sesuai kurikulum yang berlaku (Magdalena *et al.*, 2020). Tersedianya bahan ajar memungkinkan peserta didik untuk mempelajari secara mandiri, meningkatkan pengetahuannya, dan bahkan dapat mendorongnya untuk mengonstruksi pengetahuan secara mandiri.

Modul merupakan bahan ajar yang disusun secara sistematis dan menarik yang mencakup isi materi, metode, dan evaluasi yang dapat digunakan secara mandiri. Dengan menggunakan modul, siswa dapat belajar mandiri tanpa atau dengan bimbingan guru, adanya kontrol terhadap hasil belajar melalui penggunaan standar kompetensi dalam setiap modul yang dicapai oleh siswa, dan mereka lebih bertanggung jawab atas segala tindakannya. Modul adalah informasi alat dan teks yang diperlukan untuk merencanakan dan menelaah implementasi pembelajaran. Modul diharapkan dapat membantu pendidik dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar di kelas (Famulaqih & Lukman, 2024). Konsep modul ajar adalah mempermudah, memperlancar, dan meningkatkan kualitas pembelajaran, serta menjadi rujukan dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran dan menjadi kerangka kerja yang menggambarkan capaian pembelajaran yang tercantum dalam setiap mata pelajaran (Sarwati *et al.*, 2024).

Pembelajaran biologi di banyak sekolah masih menghadapi berbagai kendala, salah satunya adalah pendekatan pembelajaran yang cenderung konvensional. Proses pembelajaran umumnya didominasi oleh metode ceramah yang kurang melibatkan siswa secara aktif, sehingga siswa cenderung pasif, kesulitan memahami keterkaitan antar konsep, dan tidak terbiasa menerapkan pengetahuan dalam konteks kehidupan nyata. Bahan ajar yang tersedia umumnya hanya berisi teks deskriptif tanpa dilengkapi visualisasi, simulasi, atau aktivitas berbasis eksperimen yang dapat membantu siswa memahami materi secara konkret. Minimnya integrasi teknologi dalam pembelajaran juga menjadi hambatan, karena meskipun teknologi telah menjadi bagian dari kehidupan siswa, pemanfaatannya dalam pembelajaran, khususnya pada mata pelajaran biologi masih terbatas. Pendekatan STEM meskipun telah diperkenalkan, belum sepenuhnya diterapkan di sekolah, karena keterbatasan panduan dan bahan ajar yang dirancang khusus untuk mendukung pembelajaran berbasis STEM.

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan dengan guru biologi di SMAN 2 Padang pada bulan April 2025, didapatkan keterangan bahwa bahan ajar yang digunakan di sekolah tersebut berupa buku paket yang disediakan oleh [Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan](https://e-journal.lp3kamandanu.com/index.php/biocaster). Namun, jumlah buku paket yang

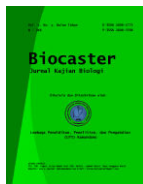


disediakan sekolah terbatas, sehingga peserta didik tidak bisa mengakses materi secara mandiri di luar jam pelajaran. Buku tersebut hanya bisa digunakan saat pembelajaran di kelas dan harus dikembalikan setelah pembelajaran selesai. Selain itu, guru juga menggunakan modul ajar sebagai pedoman mengajar, namun modul tersebut tidak didistribusikan kepada peserta didik dan hanya digunakan sebagai panduan internal guru.

Berdasarkan analisis modul yang telah dilakukan, ditemukan bahwa modul tersebut memiliki beberapa keunggulan, antara lain kelengkapan elemen identitas seperti sampul (*cover*), Profil Pelajar Pancasila, sarana dan prasarana, glosarium, serta daftar rujukan. Namun demikian, modul tersebut juga menunjukkan sejumlah kekurangan yang cukup signifikan. Beberapa komponen penting belum tersedia, seperti kata pengantar, petunjuk penggunaan, dan alur tujuan pembelajaran. Selain itu, kualitas visual gambar dinilai kurang optimal, ditandai dengan ukuran gambar yang terlalu kecil, sehingga menghambat pemahaman peserta didik terhadap informasi visual. Modul ini juga belum dilengkapi dengan rangkuman, latihan, penilaian diri, maupun evaluasi yang seharusnya menjadi bagian untuk memperkuat pemahaman dan mengukur pencapaian belajar peserta didik. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan modul dengan menambahkan elemen-elemen yang belum tersedia, guna meningkatkan kualitas isi, keterbacaan, dan fungsionalitas modul sebagai sarana pembelajaran yang efektif dan berorientasi pada peserta didik. Berdasarkan hasil analisis bahan ajar yang digunakan dalam proses pembelajaran di SMAN 2 Padang berupa buku paket pelajaran biologi SMA/MA pada materi inovasi teknologi biologi, menunjukkan bahwa isi bab buku sudah sesuai dengan tujuan pembelajaran. Namun, isi bab buku belum menggambarkan langkah-langkah kegiatan penggunaan salah satu pendekatan pembelajaran.

Pemilihan materi inovasi bioteknologi didasarkan pada dua pertimbangan utama, yaitu kesesuaian konsepnya dengan pendekatan STEM dan kemudahannya untuk dipahami oleh peserta didik kelas XII Fase F. Inovasi bioteknologi termasuk materi yang harus dicapai oleh peserta didik kelas XII, inovasi bioteknologi merupakan penemuan-penemuan hasil teknologi berbasis biologi. Salah satu bentuk inovasi tersebut dikenal dengan istilah bioteknologi. Salah satu pendekatan yang efektif untuk mendukung proses pembelajaran materi ini, yaitu pendekatan STEM. STEM adalah pendekatan dalam pendidikan, dimana sains, teknologi, teknik, dan matematika terintegrasi dengan proses pendidikan yang berfokus pada pemecahan masalah dalam kehidupan sehari-hari yang nyata, serta dalam kehidupan profesional (Davidi *et al.*, 2021). Pendekatan berbasis STEM dinilai tepat dengan materi ini, karena dapat mendorong peserta didik untuk dapat berpikir kritis dan kreatif, serta memperkuat kolaborasi dan membangun kemandirian dalam mencapai tujuan bersama.

Penelitian serupa telah dilakukan oleh Fiorintina *et al.* (2023) dalam artikel berjudul “Pendekatan STEM dalam Mendukung Pembelajaran Era Digitalisasi Abad 21 Tingkat Sekolah Dasar”. Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur dan menyimpulkan bahwa pendekatan STEM mampu mengembangkan keterampilan abad 21 seperti komunikasi, kolaborasi, berpikir kritis, dan kreativitas secara signifikan dalam pembelajaran IPA. Ainun *et al.* (2021) dengan



judul “Pengembangan Modul Berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) Pokok Bahasan Alat-alat Optik dalam Pembelajaran IPA di SMP”. Penelitian ini menghasilkan modul IPA berbasis STEM yang tergolong sangat valid dengan skor kevalidan sebesar 92,5% dan efektif digunakan dalam pembelajaran berdasarkan skor *N-Gain* sebesar 0,42. Selain itu, modul ini juga mendapatkan respon siswa dalam kategori baik, dengan skor rata-rata pernyataan positif sebesar 3,27, sehingga dinyatakan layak digunakan dalam proses pembelajaran. Berdasarkan penjelasan yang telah dikemukakan, maka peneliti telah melakukan penelitian dengan judul “Pengembangan Modul Berbasis STEM pada Materi Inovasi Bioteknologi untuk Siswa Fase F SMA/MA”.

## **METODE**

### **Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun 2025/2026 di Universitas PGRI Sumatera Barat dan di SMA Negeri 2 Padang.

### **Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*developmental research*), karena mengembangkan produk berupa modul berbasis STEM pada materi inovasi bioteknologi dan menguji kevalidan dan kepraktisan produk dalam mencapai tujuan.

### **Subjek Penelitian**

Subjek penelitian pengembangan modul berbasis STEM ini adalah guru biologi yang berjumlah 1 orang dan siswa-siswi Fase F di SMAN 2 Padang.

### **Model Penelitian**

Penelitian ini adalah penelitian pengembangan (*developmental research*). Produk yang dikembangkan adalah modul berbasis STEM pada materi inovasi bioteknologi. Dalam penelitian ini, model yang digunakan adalah model 4D. Angket tentang validasi dan kepraktisan adalah alat yang digunakan dalam penelitian ini.

### **Prosedur Pengembangan**

Berikut adalah tahapan pengembangan modul berbasis STEM:

#### **Tahap Pendefinisian (*Define*)**

Lima langkah utama yang termasuk dalam tahap definisi (*define*), yaitu: 1) analisis ujung depan; 2) analisis siswa; 3) analisis tugas; 4) analisis konsep; dan 5) perumusan tujuan pembelajaran.

#### **Tahap Perancangan (*Design*)**

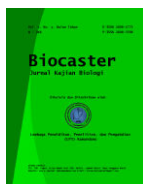
Tahap perancangan (*design*) berfungsi untuk menyiapkan perangkat pembelajaran. Tahap perancangan (*design*) terdiri dari 2 langkah, yaitu merancang kerangka modul dan pemilihan format modul.

#### **Tahap Pengembangan (*Develop*)**

Produk yang dihasilkan pada tahap pengembangan selanjutnya, yaitu dilakukan penilaian angket validasi dan praktikalitas yang akan diisi oleh dosen, guru, dan siswa.

### **Instrumen Penilaian**

Angket validitas dan angket kepraktisan merupakan instrumen yang digunakan dalam penelitian ini. Angket kepraktisan digunakan untuk menilai



tingkat kepraktisan modul oleh siswa dan guru, sedangkan angket validitas digunakan untuk mengumpulkan informasi terkait validasi modul oleh para ahli (validator). Angket uji validitas, angket uji kepraktisan, dan angket respons disusun berdasarkan skala Likert lima poin, yaitu SS (5), S (4), KS (3), TS (2), dan STS (1). Instrumen ini dimodifikasi dari Yunas (2025) dan Riduwan (2013).

### **Teknik Analisis Data**

Validitas dan kepraktisan modul dihitung menggunakan rumus persentase. Pemberian nilai validitas dengan kriteria yang dimodifikasi dari Riduwan (2013), yaitu 81%-100% (sangat valid), 61%-80% (valid), 41%-60% (cukup valid), 21%-40% (kurang valid), dan 0%-20% (sangat tidak valid).

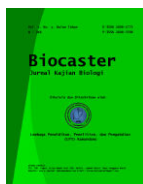
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **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 inovasi bioteknologi, dilakukan tiga tahap, yaitu pendefinisian, perancangan, dan pengembangan.

### **Tahapan Perancangan (Design)**

Produk modul ini dirancang menggunakan jenis huruf *times new roman* dengan ukuran 12-22 pt untuk subjudul dan ukuran 12 pt dengan spasi 1,0-1,5 untuk isi. Desain yang telah dirancang adalah sebagai berikut: 1) sampul (*cover*), bagian sampul modul mencakup judul materi, lambang Tut Wuri Handayani, lambang universitas, kelas, penyusun, latar belakang berwarna biru, serta gambar pendukung materi; 2) kata pengantar, bagian ini berisi ucapan terima kasih penulis, tujuan, serta petunjuk penggunaan modul bagi guru dan peserta didik; 3) daftar isi, berfungsi sebagai panduan bagi pengguna untuk mengakses bagian-bagian yang dibutuhkan dalam modul; 4) daftar gambar, berfungsi sebagai panduan bagi pengguna untuk mengakses gambar-gambar dalam modul; 5) petunjuk penggunaan modul, halaman ini memuat panduan penggunaan modul yang perlu diperhatikan dan dipahami oleh guru serta peserta didik sebelum memulai pembelajaran; 6) kegiatan STEM, aktivitas STEM dalam modul ini disusun dalam bentuk penugasan yang dikerjakan oleh peserta didik setelah mempelajari materi pada kegiatan pembelajaran. Penugasan tersebut memuat unsur-unsur sains, teknologi, teknik, dan matematika secara terpadu; 7) materi, pada bagian ini terdapat penjelasan tentang inovasi bioteknologi. Proses pembelajaran dibagi menjadi tiga pertemuan, dan setiap kegiatan memiliki submateri, tujuan pembelajaran, aktivitas STEM, rangkuman, latihan, serta penilaian formatif. Jenis huruf yang digunakan adalah *times new roman* ukuran 12 pt dengan spasi 1,5; 8) penilaian formatif, halaman ini berisi 10 soal pilihan ganda yang menguji pemahaman peserta didik terhadap materi pembelajaran serta digunakan sebagai soal latihan dalam modul; 9) evaluasi, pada halaman ini terdapat 10 soal pilihan ganda, masing-masing dengan lima opsi jawaban; 10) glosarium, halaman ini memuat daftar istilah penting dalam materi pembelajaran. Glosarium disusun untuk membantu peserta didik memahami konsep-konsep kunci melalui definisi yang ringkas dan jelas; 11) daftar rujukan, bagian ini



menyajikan literatur yang digunakan dalam pembuatan modul berbasis STEM. Jenis huruf yang digunakan adalah *times new roman* ukuran 12 pt dengan spasi 1,5; dan 12) profil penulis, bagian ini memuat biodata penulis.

### ***Pengembangan (Develop) Modul Berbasis STEM***

Tahap *develop* bertujuan untuk menghasilkan modul berbasis STEM pada materi inovasi bioteknologi yang valid dan praktis. Pada tahap ini dilakukan pengisian angket untuk menilai validitas dan kepraktisan modul. Tahap *develop* ini terdiri atas:

#### 1) Hasil Validitas Modul Berbasis STEM

Modul ini telah divalidasi oleh 4 ahli (3 dosen dan 1 guru). Hasil uji validitas modul yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil Validasi Modul oleh Dosen dan Guru.**

No.	Aspek	Validator				Jumlah	Nilai Validitas	Kriteria
		1	2	3	4			
A	Kelayakan Isi	40	39	39	39	157	98%	Sangat Valid
B	Komponen Kebahasaan	25	25	25	25	100	100%	Sangat Valid
C	Penyajian	34	35	34	33	136	97.1%	Sangat Valid
D	Kegrafikan	25	23	22	22	92	92%	Sangat Valid
E	Komponen STEM	20	18	18	16	72	90%	Sangat Valid
	Total						477.1%	
	Rata-rata						95.42%	Sangat Valid

#### **Keterangan:**

Validator 1: Diana Susanti, M.Pd;

Validator 2: Bobby Nurfirman Arif, M.Pd;

Validator 3: Ade Dewi Maharani, M.Pd; dan

Validator 4: Dr. E rismar Amri, M.Si.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, nilai rata-rata sebesar 95,42% dengan kriteria sangat valid yang menunjukkan bahwa modul berbasis STEM ini layak untuk dikembangkan. Penilaian ini mengacu pada lima aspek yang terdapat dalam angket validasi, yaitu aspek kelayakan isi dengan nilai 98%, aspek kebahasaan dengan nilai 100%, aspek penyajian dengan nilai 97,1%, aspek kegrafikaan dengan nilai 92%, dan aspek komponen STEM dengan nilai 90%. Semua aspek tersebut telah sesuai, sehingga dinyatakan sangat valid. Namun, terdapat beberapa revisi yang disarankan oleh validator.

#### 2) Hasil Praktikalitas Modul Berbasis STEM

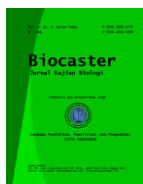
Uji kepraktisan pada modul berbasis STEM materi inovasi bioteknologi dilakukan terhadap guru biologi dan siswa kelas XII (Fase F) di SMAN 2 Padang.

##### a) Hasil Praktikalitas Modul Berbasis STEM oleh Guru

**Tabel 2. Hasil Uji Praktikalitas Modul oleh Guru.**

No.	Aspek	Jumlah	Skor Maksimum	Nilai Praktikalitas	Kriteria
1	Kemudahan Penggunaan	36	40	90%	Sangat Praktis
2	Efisien Waktu Pembelajaran	8	10	80%	Sangat Praktis
3	Manfaat	31	35	89%	Sangat Praktis
	Total			259%	
	Rata-rata			86%	Sangat Praktis

**Keterangan:** Erdewita, S.Pd. (Guru Biologi).



Analisis angket oleh guru pada uji kepraktisan menghasilkan nilai rata-rata sebesar 86% dengan kriteria sangat praktis. Hasil tersebut dinilai praktis, karena memenuhi kriteria kepraktisan yang meliputi aspek kemudahan penggunaan dengan nilai 90% (kriteria sangat praktis), aspek efisiensi waktu pembelajaran dengan nilai 80% (kriteria praktis), dan aspek manfaat dengan nilai 89% (kriteria sangat praktis). Dengan demikian, ketiga aspek tersebut secara keseluruhan dinyatakan sangat praktis. Dapat disimpulkan bahwa modul berbasis STEM pada materi inovasi bioteknologi yang dikembangkan, praktis digunakan oleh guru dalam proses pembelajaran biologi.

b) Hasil Praktikalitas Modul oleh Siswa

Hasil uji kepraktisan yang telah dilakukan oleh 26 siswa Fase F menunjukkan bahwa nilai kepraktisan modul berbasis STEM pada materi inovasi bioteknologi memperoleh rata-rata sebesar 89,50% dengan kriteria sangat praktis. Modul dinyatakan praktis berdasarkan rincian pada setiap aspek, yaitu aspek kemudahan penggunaan memperoleh nilai 90,76% (kriteria sangat praktis), aspek efisiensi waktu pembelajaran sebesar 88,07% (kriteria sangat praktis), dan aspek manfaat sebesar 89,76% (kriteria sangat praktis). Semua aspek tersebut telah sesuai, sehingga dinyatakan sangat praktis.

**Tabel 3. Hasil Uji Praktikalitas Modul oleh Siswa.**

No.	Aspek	Jumlah	SM	Nilai Praktikalitas	Kriteria
1	Kemudahan Penggunaan	944	1.040	90.76%	Sangat Praktis
2	Efektifitas Waktu Pembelajaran	229	260	88.07%	Sangat Praktis
3	Manfaat	816	910	89.67%	Sangat Praktis
Total				268.50%	
Rata-rata				89.50%	Sangat Praktis

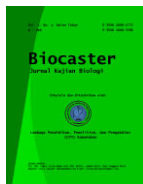
Pada Tabel 3, diketahui bahwa hasil persentase rata-rata secara keseluruhan kepraktisan modul berbasis STEM dari 26 orang siswa sebesar 89,50% dengan kriteria sangat praktis. Hal ini menunjukkan bahwa modul berbasis STEM pada materi inovasi bioteknologi yang dikembangkan sangat praktis digunakan oleh siswa.

### **Pembahasan**

#### ***Validitas Modul Berbasis STEM***

Modul yang dikembangkan valid dan dapat dimanfaatkan untuk pembelajaran berdasarkan hasil validasi ahli. Hasil yang diperoleh untuk validitas modul berbasis STEM pada materi inovasi bioteknologi menunjukkan nilai rata-rata sebesar 95,42% dengan kriteria sangat valid setelah dilakukan tindak lanjut sesuai dengan saran validator, yaitu memperbaiki sampul modul, penulisan judul gambar, petunjuk penggunaan modul, aktivitas pada tahapan *engineering* dan *mathematics*, serta ukuran gambar. Kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, kegrafikaan, dan kegiatan STEM dievaluasi pada saat uji validitas modul.

Setelah dilakukan penyesuaian sesuai dengan saran validator, hasil validitas modul ditinjau dari aspek kelayakan isi dinyatakan sangat valid dengan nilai 98%. Isi modul telah sesuai dengan Capaian Pembelajaran (CP), Tujuan Pembelajaran (TP), dan Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) yang disesuaikan



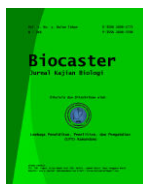
dengan kurikulum yang berlaku, yaitu Kurikulum Merdeka. Modul yang dikembangkan juga disesuaikan dengan perkembangan siswa SMA/MA serta kebutuhan bahan ajar siswa. Hal ini sejalan dengan pendapat Famulaqih & Lukman (2024) yang menyatakan bahwa modul pembelajaran merupakan bahan ajar yang dirancang secara khusus, sistematis, dan dilengkapi petunjuk yang berisi pengalaman belajar dengan pengorganisasian materi yang memungkinkan untuk dipelajari secara mandiri maupun terbimbing, sehingga mempermudah peserta didik dalam mempelajari materi.

Validitas dari aspek kebahasaan dinyatakan sangat valid dengan nilai 100%. Hal ini menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan memiliki keterbacaan yang baik, serta penggunaan jenis huruf dan kalimat yang jelas, sehingga mudah dipahami oleh siswa tanpa menimbulkan kerancuan. Kalimat yang digunakan dalam modul telah sesuai dengan kaidah Ejaan Bahasa Indonesia (EBI). Hal ini sejalan dengan pendapat Mukhlis *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa terdapat tujuh indikator dalam pemenuhan aspek kebahasaan, yaitu: 1) komunikatif; 2) dialogis dan interaktif; 3) lugas; 4) keruntutan alur pikir; 5) koherensi; 6) kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang benar; dan 7) penggunaan simbol atau lambang yang sesuai dengan perkembangan siswa.

Hasil validitas modul ditinjau dari aspek penyajian dinyatakan sangat valid dengan nilai 97,1%. Materi dalam modul disajikan secara lengkap dan sesuai dengan urutan ATP yang dirancang, serta memiliki alur tujuan pembelajaran yang jelas. Modul juga dilengkapi dengan soal evaluasi sebagai latihan untuk menilai pemahaman siswa. Kejelasan Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) dan Tujuan Pembelajaran (TP) membantu siswa menjadi lebih terarah dalam menggunakan modul. Hal ini sejalan dengan pendapat Sardiman (2021) yang menyatakan bahwa penyusunan materi pembelajaran yang mengikuti alur tujuan akan memudahkan peserta didik dalam memahami isi dan mencapai kompetensi yang diharapkan.

Validitas modul ditinjau dari aspek kegrafikaan memperoleh nilai 92% dengan kriteria sangat valid. Sesuai dengan saran validator, ukuran gambar telah diperjelas dan peneliti telah melakukan perbaikan pada tampilan gambar dalam modul. Aspek ini meliputi tata letak yang menarik perhatian siswa, penggunaan gambar yang relevan dengan materi, serta jenis dan ukuran huruf yang digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa desain modul yang dirancang sudah baik, dengan tampilan yang jelas dan menarik. Unsur kegrafikaan dalam bahan ajar sangat penting, karena dapat meningkatkan daya tarik dan mempermudah pemahaman materi oleh peserta didik.

Berdasarkan aspek kegiatan STEM, modul ini memperoleh nilai validasi sebesar 90% dengan kriteria sangat valid. Hal ini menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan efektif dalam membantu siswa memahami keempat aspek STEM, yaitu *science*, *technology*, *engineering*, dan *mathematics*. Selain itu, modul tersebut mendukung peserta didik dalam menyelesaikan tugas proyek serta memudahkan guru dalam menyampaikan informasi pembelajaran secara efisien. Menurut Purnomo & Puspitawati (2025), pendekatan STEM mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis melalui aktivitas pemecahan masalah yang kontekstual. Dengan demikian, penerapan pendekatan STEM dalam modul inovasi bioteknologi tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga



melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi yang relevan dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21.

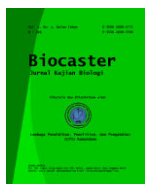
### **Praktikalitas Modul Berbasis STEM**

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi tingkat kebermanfaatan modul yang dihasilkan. Tiga kriteria penilaian dalam uji kepraktisan meliputi kemudahan penggunaan, efisiensi waktu pembelajaran, dan manfaat. Uji kepraktisan di SMA Negeri 2 Padang diikuti oleh 26 siswa kelas XII Fase F dan 1 guru biologi. Berdasarkan analisis hasil angket uji kepraktisan oleh guru dan siswa, diketahui bahwa modul berbasis STEM pada materi inovasi bioteknologi memperoleh nilai rata-rata sebesar 86% dengan kriteria sangat praktis oleh guru dan nilai rata-rata 89,50% dengan kriteria sangat praktis oleh siswa. Hal ini menunjukkan bahwa modul dapat memudahkan guru dalam proses pembelajaran, khususnya dalam menyampaikan materi inovasi bioteknologi, serta membantu siswa dalam memahami konsep yang belum dipahami.

Ditinjau dari aspek kemudahan penggunaan, modul memperoleh skor rata-rata sebesar 90% dari guru dengan kriteria sangat praktis, dan 90,76% dari siswa dengan kriteria sangat praktis. Berdasarkan hasil tersebut, modul dapat dikategorikan sebagai bahan ajar yang praktis, karena mudah digunakan oleh guru dan peserta didik, bersifat fleksibel dalam penerapannya, serta memungkinkan pemanfaatan secara berulang sesuai konteks pembelajaran. Hal ini sejalan dengan pendapat Hindrasti *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa bahan ajar yang dirancang dengan navigasi yang jelas, instruksi yang tidak ambigu, serta penyajian yang terorganisasi akan lebih mudah digunakan, baik oleh guru maupun peserta didik. Dengan demikian, kemudahan penggunaan tidak hanya berkaitan dengan aspek teknis, tetapi juga dengan keterbacaan dan keterpahaman isi materi.

Ditinjau dari aspek efisiensi waktu pembelajaran, modul memperoleh nilai rata-rata sebesar 80% dari guru dengan kriteria praktis, dan 88,07% dari siswa dengan kriteria sangat praktis. Dengan demikian, penggunaan modul dapat meningkatkan efisiensi proses pembelajaran serta memberikan kesempatan kepada siswa untuk belajar secara mandiri sesuai dengan gaya belajar masing-masing. Selain itu, modul membantu guru karena materi telah tersusun secara sistematis, sehingga tidak perlu lagi menuliskan seluruh isi materi di papan tulis. Hal ini sesuai dengan pendapat Gultom & Amdayani (2023) yang menyatakan bahwa penggunaan modul dapat meningkatkan efisiensi waktu pembelajaran, karena struktur materi dan kegiatan telah tersusun secara runtut.

Ditinjau dari aspek manfaat, modul memperoleh nilai rata-rata sebesar 89% dari guru dengan kriteria sangat praktis, dan 89,67% dari siswa dengan kriteria sangat praktis. Penggunaan modul dapat membantu guru dalam mengurangi beban kerja, khususnya dalam menjelaskan materi secara berulang. Selain itu, modul juga dapat meningkatkan pemahaman konsep siswa terhadap materi inovasi bioteknologi, karena dilengkapi dengan gambar yang membantu siswa memahami materi pembelajaran. Hal ini sejalan dengan pendapat Ilhami (2021) dan Sofiana *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa modul bersifat representatif dan fleksibel, serta memiliki keunggulan dalam penggunaannya. Modul tidak hanya dapat digunakan dalam pembelajaran kelompok di kelas, tetapi juga dirancang untuk pembelajaran individual.



## SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa telah dihasilkan modul berbasis STEM pada materi inovasi bioteknologi untuk Fase F SMA/MA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modul memperoleh kriteria sangat valid berdasarkan uji validitas, dan kriteria sangat praktis berdasarkan uji kepraktisan.

## SARAN

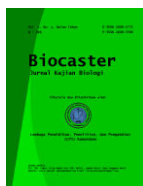
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti menyarankan beberapa hal sebagai berikut: 1) penelitian ini hanya mencakup hingga tahap pengembangan, termasuk uji validitas dan kepraktisan. Oleh karena itu, peneliti selanjutnya disarankan untuk melanjutkan ke tahap penyebaran (*disseminate*) guna mengevaluasi efektivitas modul berbasis STEM dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik; dan 2) hasil penelitian ini menghasilkan modul berbasis STEM yang diharapkan dapat digunakan oleh guru sebagai salah satu bahan ajar dalam proses pembelajaran.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

## DAFTAR RUJUKAN

- Ainun, D., Putra, P. D. A., & Budiarmo, A. S. (2021). Pengembangan Modul Berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) Pokok Bahasan Alat-alat Optik dalam Pembelajaran IPA di SMP. *Jurnal Literasi Pendidikan Fisika (JLPF)*, 2(2), 126-132. <https://doi.org/10.30872/jlpf.v2i2.608>
- Dafit, F., & Mustika, D. (2021). Pengembangan Bahan Ajar Membaca Berbasis *Higher Order Thinking Skills* pada Siswa Sekolah Dasar. *Edukatif : Jurnal Ilmu Pendidikan*, 3(6), 4889-4903. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v3i6.1565>
- Davidi, E. I. N., Sennen, E., & Supardi, K. (2021). Integrasi Pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) untuk Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *Scholaria : Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 11(1), 11-22. <https://doi.org/10.24246/j.js.2021.v11.i1.p11-22>
- Famulaqih, S., & Lukman, A. (2024). Pengembangan Bahan Ajar Modul Pembelajaran. *Karakter : Jurnal Riset Ilmu Pendidikan Islam*, 1(2), 1-12. <https://doi.org/10.61132/karakter.v1i2.156>
- Fiorintina, E., Sukmaningrum, A., Rohana, S., & Rahayaan, F. (2023). Pendekatan STEM dalam Mendukung Pembelajaran Era Digitalisasi Abad 21 Tingkat Sekolah Dasar. In *Seminar Nasional Hasil Riset dan Pengabdian* (pp. 3078-3085). Surabaya, Indonesia: Universitas PGRI Adi Buana Surabaya.
- Gultom, E. H., & Amdayani, S. (2023). Pengembangan E-Modul Kimia Berbasis



- STEM pada Materi Laju Reaksi. *Jurnal Teknologi Pendidikan : Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pembelajaran*, 8(2), 425-434. <https://doi.org/10.33394/jtp.v8i2.7081>
- Hindrasti, N. E. K., Basit, A., & Nevrita, N. (2022). Pengembangan Modul Elektronik Terintegrasi STEM pada Materi Sistem Respirasi Kelas XI. *Jurnal Kiprah*, 10(1), 44-58. <https://doi.org/10.31629/kiprah.v10i1.4553>
- Ilhami, S. (2021). Pengembangan Modul Pembelajaran Biologi Berorientasi Model Siklus Belajar untuk Siswa SMA/MA Kelas X. *Paedagogy : Jurnal Ilmu Pendidikan dan Psikologi*, 1(2), 149-161. <https://doi.org/10.51878/paedagogy.v1i2.805>
- Magdalena, I., Sundari, T., Nurkamilah, S., Nasrullah, N., & Amalia, D. A. (2020). Analisis Bahan Ajar. *Nusantara*, 2(2), 311-326. <https://doi.org/10.36088/nusantara.v2i2.828>
- Mukhlis, M., Hiqmatunnisaq, N., & Barisah, B. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif. *Lantanida Journal*, 11(1), 96-106. <https://doi.org/10.22373/lj.v11i1.15679>
- Purnomo, P. A., & Puspitawati, R. P. (2025). Pengembangan E-Modul Berbasis STEM pada Materi Pencemaran Udara untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *BioEdu : Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, 14(3), 630-638. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v14n3.p630-638>
- Riduwan, R. (2013). *Dasar-dasar Statistik*. Bandung: CV. Alfabeta.
- Sardiman, A. (2021). *Media Pendidikan: Pengertian, Pengembangan, dan Pemanfaatannya*. Depok: PT. Rajawali Press.
- Sarwati, S., Asri, I. H., Yuliana, T., & Badaruddin, N. A. F. (2024). Pengembangan Modul Ajar Biologi Kelas XI Berbasis *Project Based Learning* (PjBL) untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 6(1), 154-161. <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v6i1.593>
- Sofiana, L., Nofisulastri, N., & Safnowandi, S. (2023). Pola Distribusi Siput Air (Gastropoda) sebagai Bioindikator Pencemaran Air di Sungai Unus Kota Mataram dalam Upaya Pengembangan Modul Ekologi. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi*, 3(3), 133-158. <https://doi.org/10.36312/biocaster.v3i3.191>
- Yunas, R. M. (2025). Pengembangan Modul Berbasis Kontekstual Materi Ekologi dan Keanekaragaman Hayati Fase D SMP N 2 Ampek Nagari. *Skripsi*. Universitas PGRI Sumatera Barat.