

# Validity Analysis of the STEM-Based Biotechnology E-Book to Enhance Students' Creative Thinking Ability and Skills in Producing Innovative Works

Nor Indriyanti<sup>1\*</sup>, Nur Rahmah<sup>2</sup>, Risman Saputra<sup>3</sup>, Nurhikma Ramadhana<sup>4</sup>, Mohammad Wildan Habibi<sup>5</sup>

<sup>1\*,2,3,4</sup>Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sulawesi Barat

<sup>5</sup>Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, UIN KHAS Jember

\*e-mail: [norindriyanti86@gmail.com](mailto:norindriyanti86@gmail.com)

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan memvalidasi E-Book Bioteknologi berbasis STEM yang dirancang untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif dan keterampilan membuat karya inovatif mahasiswa. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan tahapan analisis kebutuhan, perancangan, pengembangan produk, serta validasi ahli. Instrumen yang digunakan berupa lembar validasi yang mencakup aspek isi, bahasa, penyajian, dan kegrafisan. Data dianalisis menggunakan teknik deskriptif persentase dengan menghitung Persentase Rerata Skor (PRS) dan menginterpretasikan hasilnya menurut kriteria validitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa E-Book Bioteknologi berbasis STEM memenuhi kategori "sangat baik" pada hampir seluruh aspek yang divalidasi. Aspek isi memperoleh nilai rata-rata PRS 96,48%, aspek bahasa 98,21%, aspek penyajian 95,3%, dan aspek kegrafisan 96,4%. Seluruh indikator berada pada kategori valid dengan hanya beberapa komponen yang berada pada kategori "baik". Hasil ini menegaskan bahwa e-book yang dikembangkan memiliki kualitas materi yang sesuai dengan CPL dan CPMK, menggunakan bahasa yang tepat dan memotivasi, penyajian yang sistematis, serta tampilan grafis yang menarik dan proporsional. Berdasarkan temuan ini dapat disimpulkan bahwa E-Book Bioteknologi berbasis STEM yang dikembangkan layak digunakan sebagai media pembelajaran alternatif pada mata kuliah Bioteknologi. Produk ini berpotensi mendukung peningkatan kemampuan berpikir kreatif dan keterampilan inovatif mahasiswa. Penelitian lanjutan akan dilanjutkan untuk menguji efektivitas dan kepraktisan produk secara lebih luas untuk menguji kemampuan berpikir kreatif dan keterampilan inovatif mahasiswa.

**Kata Kunci:** E-Book Bioteknologi; STEM; Uji Validitas; Kemampuan Berpikir Kreatif; Keterampilan Membuat Karya Inovatif.

## Abstract

This study aims to develop and validate a STEM-based Biotechnology E-Book designed to enhance students' creative thinking abilities and skills in producing innovative works. The research method employed was Research and Development (R&D), consisting of stages including needs analysis, design, product development, and expert validation. The instrument used was a validation sheet covering aspects of content, language, presentation, and graphics. Data were analyzed using descriptive percentage techniques by calculating the Mean Score Percentage (MSP) and interpreting the results according to validity criteria. The findings indicate that the STEM-based Biotechnology E-Book meets the "very good" category in nearly all validated aspects. The content aspect achieved an average MSP of 96.48%, the language aspect 98.21%, the presentation aspect 95.3%, and the graphic aspect 96.4%. All indicators fell within the valid category, with only a few components rated as "good." These results affirm that the developed e-book possesses material quality aligned with the Learning Outcomes (CPL) and Course Learning Outcomes (CPMK), employs appropriate and motivational language, provides systematic presentation, and features visually appealing and proportional graphics. Based on these findings, it can be concluded that the developed STEM-based Biotechnology E-Book is feasible to be used as an alternative learning medium in the Biotechnology course. This product has the potential to support the enhancement of students' creative thinking skills and innovative abilities. Further research will be conducted to examine the effectiveness and practicality of the product more broadly in testing students' creative thinking and innovative skills.

**Kata Kunci:** Biotechnology E-Book; STEM; Validity Test; Creative Thinking Ability; Skills in Producing Innovative Works.

## PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada abad ke-21 menuntut dunia pendidikan untuk bertransformasi dari sekadar transfer pengetahuan menuju pembentukan kompetensi berpikir tingkat tinggi, kreativitas, dan keterampilan inovatif mahasiswa (Sánchez Orduña & Milara, 2024). Kompetensi abad ke-21 ini sejalan dengan konsep 21st Century Skills yang menekankan kreativitas, kolaborasi, dan pemecahan masalah kompleks sebagai modal penting menghadapi era Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0 (Rahmah et al., 2025). Perguruan tinggi di Indonesia dituntut untuk menghasilkan lulusan yang tidak hanya menguasai konsep teoritis, tetapi juga mampu mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika dalam konteks nyata untuk menghasilkan karya inovatif (Indriyanti et al., 2023).

Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) dipandang sebagai salah satu pendekatan paling relevan untuk mengembangkan kompetensi kreatif-inovatif mahasiswa (Khalil et al., 2023). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran STEM secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir kreatif dan computational thinking (Suharman et al., 2025). Penerapan pembelajaran STEM juga mulai diperluas pada berbagai mata kuliah di perguruan tinggi, terutama bidang sains, teknologi, dan pendidikan, karena terbukti mendorong mahasiswa berpikir lebih mendalam, reflektif, dan aplikatif (Bahri et al., 2020).

Bioteknologi merupakan salah satu bidang ilmu yang paling potensial untuk dalam pengembangan kreativitas dan inovasi karena sifatnya yang multidisipliner, aplikatif, dan relevan dengan masalah nyata, seperti pangan, kesehatan, lingkungan, dan industri. Namun kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa pembelajaran bioteknologi di perguruan tinggi masih cenderung bersifat teoritis dan berbasis buku ajar konvensional, sehingga mahasiswa kurang terlatih merancang dan mewujudkan karya inovatif berbasis konsep bioteknologi (Elfaladonna & Indra, 2022). Kondisi ini menimbulkan kesenjangan antara penguasaan konsep dan kemampuan menghasilkan produk inovatif yang dapat diimplementasikan di dunia nyata.

Transformasi media pembelajaran digital menjadi salah satu solusi untuk mengatasi kesenjangan tersebut. Media pembelajaran berbasis e-book interaktif memungkinkan penyajian materi yang lebih kontekstual, menarik, dan adaptif (Indriyanti, et al., 2023). Dengan memadukan prinsip STEM, e-book dapat menyajikan tugas proyek, studi kasus terapan, simulasi, hingga instruksi pembuatan karya inovatif. Berbagai studi nasional menunjukkan bahwa e-book dan e-modul berbasis STEM efektif meningkatkan literasi sains, keterampilan proses, dan kemampuan berpikir kreatif (Sihombing & Hasruddin, 2024). Hal ini diperkuat oleh temuan internasional yang menyebutkan bahwa kurikulum berbasis STEM secara signifikan meningkatkan kemampuan creative thinking di kalangan siswa maupun mahasiswa (WR Sari et al., 2024).

Di Indonesia, penelitian tentang pengembangan e-modul dan e-book berbasis STEM di bidang biologi dan bioteknologi telah banyak dilakukan, misalnya pengembangan PjBL-STEM e-module yang terbukti valid dan efektif meningkatkan kreativitas peserta didik (Pambudi et al., 2024). Penelitian ini menegaskan bahwa produk digital yang dirancang dengan kerangka STEM mampu memicu ide-ide orisinal serta mendorong mahasiswa berpikir kritis dan kreatif. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih terfokus pada tingkat sekolah menengah atau pada aspek validitas materi/media saja, belum secara spesifik menguji kemampuan membuat karya inovatif pada mahasiswa (Sukma et al., 2023).

Validitas produk pembelajaran merupakan fondasi penting sebelum implementasi luas. Validitas ini mencakup kesesuaian isi dengan kurikulum, kejelasan bahasa, kelayakan tampilan grafis, kemudahan penggunaan, dan kesesuaian dengan karakteristik pengguna (Lianti et al., 2023). Validitas yang tinggi memastikan e-book benar-benar dapat

memfasilitasi kemampuan berpikir kreatif sekaligus keterampilan praktis mahasiswa (Ma'wa et al., 2022). Selain itu, pengembangan instrumen penilaian kreativitas dan inovasi juga diperlukan untuk mengukur efektivitas e-book secara menyeluruh, mencakup dimensi fluency, flexibility, originality, elaboration hingga aspek teknis produk inovatif (Nurjanah et al., 2023).

Keterampilan membuat karya inovatif tidak hanya mencakup aspek kognitif, tetapi juga aspek afektif dan psikomotorik (Salwa, 2023). Mahasiswa harus mampu menuangkan ide kreatifnya ke dalam rancangan atau prototipe berbasis konsep bioteknologi. Oleh sebab itu, media pembelajaran yang dikembangkan harus memberikan panduan, lembar kerja desain, atau instruksi praktik yang jelas untuk memicu mahasiswa melakukan eksplorasi lebih lanjut dan menghasilkan karya nyata (Milala et al., 2024). Dengan demikian, e-book bioteknologi berbasis STEM yang valid akan menjadi instrumen penting untuk mengembangkan profil mahasiswa yang kreatif dan inovatif.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini penting dilakukan untuk mengembangkan dan menguji validitas e-book bioteknologi berbasis STEM yang secara spesifik dirancang untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif dan keterampilan membuat karya inovatif mahasiswa. Produk e-book yang valid akan memperkaya sumber belajar mahasiswa, memfasilitasi pengembangan keterampilan kreatif-inovatif, dan mendukung lahirnya generasi lulusan yang siap menghadapi tantangan global di bidang bioteknologi dan bidang-bidang lain yang serupa. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memiliki urgensi akademik, tetapi juga relevansi praktis dalam meningkatkan mutu pendidikan tinggi Indonesia secara keseluruhan.

## **METODE**

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model pengembangan 4D yang terdiri atas tahap pendefinisian (define), perancangan (design), pengembangan (develop), dan penyebaran (disseminate). Namun, sesuai dengan tujuan penelitian, tahap yang dilaksanakan hanya sampai pada uji validitas produk (Thiagarajan et al., 1974). Pendekatan R&D dipilih karena sesuai untuk menghasilkan produk baru berupa e-book bioteknologi berbasis STEM dan menguji kelayakannya sebelum diterapkan secara luas (Khalil et al., 2023).

Subjek penelitian ini adalah E-Book Bioteknologi berbasis STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif dan keterampilan membuat karya inovatif mahasiswa. Objek dalam penelitian ini adalah tingkat validitas buku ajar. Validator ahli terdiri atas dua dosen ahli materi bioteknologi, dua dosen ahli pembelajaran STEM, dan satu ahli media pembelajaran. Validasi dilakukan untuk menilai aspek isi, tampilan, interaktivitas, kesesuaian indikator berpikir kreatif, dan keterampilan membuat karya inovatif (Novitasari, 2024).

Tahap pendefinisian meliputi analisis kebutuhan, analisis kurikulum, analisis karakteristik mahasiswa, dan penentuan indikator kemampuan berpikir kreatif serta keterampilan membuat karya inovatif. Analisis kebutuhan dilakukan melalui wawancara dosen dan penyebaran kuesioner mahasiswa untuk mengetahui kendala pembelajaran bioteknologi dan kebutuhan media berbasis STEM (Auliya & Latipah, 2021). Data ini menjadi dasar dalam menyusun konten e-book yang sesuai dengan konteks dan kebutuhan mahasiswa.

Tahap perancangan dilakukan dengan menyusun draf e-book berbasis STEM yang memuat materi pokok bioteknologi, aktivitas pembelajaran berbasis proyek, panduan pembuatan karya inovatif, soal berpikir kreatif. Tahap pengembangan mencakup pembuatan prototipe awal e-book dan proses validasi oleh ahli. Instrumen validasi berupa lembar

penilaian dengan skala Likert yang menilai aspek isi, bahasa, tampilan, dan kesesuaian indikator kemampuan berpikir kreatif serta keterampilan membuat karya inovatif. Skor hasil validasi dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk menentukan kategori validitas seperti sangat valid, valid, cukup valid, atau kurang valid (Nurjanah et al., 2023). Saran dan komentar dari para validator digunakan untuk merevisi produk hingga mencapai tingkat validitas yang diharapkan (Pambudi et al., 2024).

Validasi produk didasarkan pada validasi internal dengan memenuhi aspek validasi konstruk dan validasi isi. Dengan menggunakan rumus berikut ini (Sugiyono, 2011)

$$\text{Jumlah skor penilaian} = \text{Jumlah skor empirik} : \text{Jumlah skor maksimal} \times 100\%$$

Data yang didapat kemudian dianalisis menggunakan deskripsi kuantitatif, dengan menggunakan kriteria penilaian pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Validitas

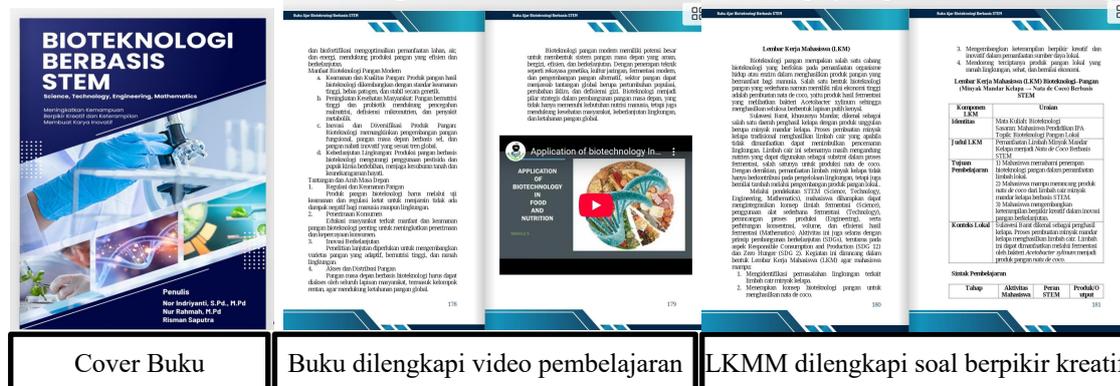
Interval Skor	Kategori
$25,00 \leq Va < 43,75$	Tidak valid
$43,76 \leq Va < 62,50$	Kurang valid
$62,51 \leq Va < 81,25$	Valid
$81,26 \leq Va < 100$	Sangat Valid

(Sugiyono, 2011)

Dengan metode penelitian ini diharapkan e-book bioteknologi berbasis STEM yang dikembangkan memenuhi kriteria valid secara isi, tampilan, dan fungsinya serta efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif dan keterampilan membuat karya inovatif mahasiswa. Tahap validasi menjadi langkah penting untuk memastikan bahwa produk dapat digunakan pada penelitian lanjutan dengan skala yang lebih luas.

## HASIL

Analisis validitas pada penelitian ini dilakukan menggunakan teknik analisis deskriptif persentase dengan menghitung Persentase Rerata Skor (PRS) dari setiap aspek yang divalidasi. PRS ini berfungsi untuk mengetahui sejauh mana kesesuaian setiap komponen terhadap standar atau kriteria yang ditetapkan. Dengan menggunakan metode ini, peneliti dapat memperoleh gambaran kuantitatif tentang kualitas instrumen atau produk yang dikembangkan sehingga hasilnya lebih terukur dan dapat dipertanggungjawabkan secara sistematis. Berikut adalah tampilan visual e-Book Bioteknologi yang telah dikembangkan:



Cover Buku

Buku dilengkapi video pembelajaran

LKMM dilengkapi soal berpikir kreatif

Tabel 2. Hasil Validasi Aspek Kriteria Isi

No	Aspek yang dinilai	Penilaian Validator				PRS	Interpretasi	Kategori	
		1	2	3	4				
1	Isi								
		a. Buku ajar bioteknologi berbasis STEM adalah sesuatu yang baru.	4	3	4	4	93,75	Sangat baik	Valid

	b. Buku ajar bioteknologi berbasis STEM dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif dan keterampilan membuat karya inovatif mahasiswa	4	4	4	3	93,75	Sangat baik	Valid
	c. Buku ajar bioteknologi berbasis STEM memfasilitasi pemahaman mahasiswa mengenai konten Bioteknologi	4	4	4	3	93,75	Sangat baik	Valid
2	<b>Kesesuaian dengan kurikulum</b>							
	a. Kesesuaian buku ajar bioteknologi yang dituliskan sesuai dengan kurikulum	4	4	4	4	100	Sangat baik	Valid
	b. Kesuaian soal dengan kurikulum	4	4	4	4	100	Sangat baik	Valid
3	<b>Kesesuaian substansi dengan mata kuliah bioteknologi</b>							
	a. Kedalaman soal-soal dalam buku ajar sesuai CPL dan CPMK	4	4	4	4	100	Sangat baik	Valid
	b. Keluasan materi dalam buku ajar sesuai CPL dan CPMK	4	3	3	4	93,75	Sangat baik	Valid
	c. Keakuratan konsep dan definisi	4	4	4	4	100	Sangat baik	Valid
4	<b>Kesesuaian buku ajar dengan kemampuan berpikir kreatif</b>							
	<i>Fluency</i> a. Mengemukakan banyak ide pengembangan	4	3	4	4	93,75	Sangat baik	Valid
	<i>Originality</i> b. Memberikan ide unik dan berbeda	4	3	4	4	93,75	Sangat baik	Valid
	<i>Elaboration</i> c. Menguraikan ide dengan detail dan langkah sistematis	4	4	4	4	100	Sangat baik	Valid
	<i>Flexibility &amp; Originality</i> d. Menghasilkan gagasan baru dari berbagai sudut pandang	4	4	4	4	100	Sangat baik	Valid
	<i>Critical Thinking &amp; Flexibility</i> e. Menggunakan data kuantitatif untuk menilai efektivitas	4	4	4	4	100	Sangat baik	Valid
5	<b>Kesesuaian buku ajar dengan keterampilan membuat karya inovatif</b>							
	a. Identifikasi fungsi	4	4	4	3	93,75	Sangat baik	Valid
	b. Pembuatan desain	4	4	4	4	100	Sangat baik	Valid
	c. Pembuatan karya inovatif	4	3	3	4	87,5	Baik	Valid
<b>Nilai Rata-Rata</b>		4	3,7	3,8	3,8	96,48	Sangat baik	Valid

Hasil validasi pengembangan e-Book Bioteknologi berbasis STEM menunjukkan bahwa produk ini telah memenuhi standar kelayakan dari sisi isi, kesesuaian kurikulum, substansi materi, kemampuan berpikir kreatif, dan keterampilan membuat karya inovatif mahasiswa. Pada aspek isi, e-Book dinilai sebagai bahan ajar yang baru dan inovatif serta mampu meningkatkan kemampuan berpikir kreatif dan keterampilan membuat karya inovatif mahasiswa. Setiap indikator pada kriteria ini memperoleh persentase rata-rata sebesar 93,75% dengan kategori sangat baik dan dinyatakan valid. Hal ini menunjukkan bahwa konten e-Book mampu memfasilitasi pemahaman mahasiswa terhadap materi bioteknologi sekaligus mendorong munculnya ide-ide baru yang kreatif.

Pada aspek kesesuaian dengan kurikulum, e-Book Bioteknologi berbasis STEM mendapatkan penilaian tertinggi dengan persentase 100% pada indikator kesesuaian isi maupun soal dengan kurikulum. Begitu pula pada aspek kesesuaian substansi dengan mata kuliah bioteknologi, indikator kedalaman materi, keluasan materi, dan keakuratan konsep memperoleh skor yang sangat baik, yaitu 93,75% hingga 100%. Penilaian ini memperkuat bukti bahwa substansi materi dalam e-Book sesuai dengan Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) dan Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK), sehingga dapat dijadikan acuan pembelajaran yang relevan dengan kebutuhan mahasiswa.

Aspek kesesuaian e-Book dengan kemampuan berpikir kreatif dan keterampilan membuat karya inovatif juga menunjukkan hasil yang sangat baik. Penilaian pada indikator fluency, originality, elaboration, flexibility, dan critical thinking memperoleh nilai antara 93,75% hingga 100%, sedangkan indikator keterampilan membuat karya inovatif berada pada kategori baik (87,5%) namun tetap valid. Secara keseluruhan, nilai rata-rata penilaian validator adalah 96,48% dengan interpretasi sangat baik dan kategori valid. Hal ini menunjukkan bahwa e-Book Bioteknologi berbasis STEM layak digunakan sebagai bahan ajar untuk meningkatkan kualitas pembelajaran bioteknologi, dengan revisi kecil pada aspek pembuatan karya inovatif agar hasilnya lebih optimal.

Tabel 3. Hasil Validasi Aspek Kriteria Bahasa

No	Aspek yang dinilai	Penilaian Validator				PRS	Interpretasi	Kategori
		1	2	3	4			
<b>Kesesuaian dengan perkembangan mahasiswa</b>								
1	a. Kesesuaian dengan tingkat perkembangan sosial-emosional mahasiswa	4	4	4	4	100	Sangat baik	Valid
	b. Kesesuaian bahasa yang sesuai dengan kemampuan mahasiswa	4	4	4	4	100	Sangat baik	Valid
<b>Kemampuan memotivasi</b>								
2	a. Kemampuan memotivasi mahasiswa	4	4	4	4	100	Sangat baik	Valid
	b. Kemampuan mendorong mahasiswa untuk berpikir secara ilmiah	4	4	4	4	100	Sangat baik	Valid
	c. Menggunakan bahasa yang bersifat interaktif agar mahasiswa dapat belajar secara mandiri melalui buku ajar	4	3	3	4	87,5	Baik	Valid
<b>Koherensi dan Keruntutan Alur Pikir</b>								
3	a. Ketertautan sistematika sub bab dengan materi	4	4	4	4	100	Sangat baik	Valid
	b. Keruntutan langkah atau petunjuk	4	4	4	4	100	Sangat baik	Valid
<b>Nilai Rata-Rata</b>		4	3,8	3,8	4	98,21	Sangat baik	Valid

Hasil validasi pada aspek bahasa menunjukkan bahwa e-Book Bioteknologi berbasis STEM telah memenuhi kriteria kebahasaan yang baik. Pada indikator kesesuaian dengan perkembangan mahasiswa, bahasa yang digunakan memperoleh nilai sempurna 100% baik dari segi sosial-emosional maupun kemampuan kognitif mahasiswa. Hal ini menandakan bahwa bahasa yang digunakan dalam e-Book sudah tepat, komunikatif, dan sesuai dengan karakteristik pembaca sasaran sehingga dapat membantu mahasiswa memahami materi dengan lebih mudah dan mendalam.

Aspek kemampuan memotivasi juga mendapatkan hasil yang sangat baik. Bahasa pada e-Book dinilai mampu memotivasi mahasiswa dan mendorong mereka untuk berpikir secara ilmiah dengan nilai rata-rata 100%. Namun pada indikator penggunaan bahasa yang bersifat interaktif untuk mendukung pembelajaran mandiri, nilai yang diperoleh adalah 87,5% dengan kategori baik. Kondisi ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan bahasa yang digunakan sudah memadai untuk memotivasi mahasiswa, tetapi masih ada ruang pengembangan agar bahasa interaktif lebih optimal dalam mendorong mahasiswa belajar secara mandiri.

Koherensi dan keruntutan alur pikir pada e-Book mendapat penilaian sempurna 100% pada semua indikator, yang berarti struktur bahasa dan penyajian materi tersusun secara sistematis dan mudah diikuti. Nilai rata-rata keseluruhan aspek bahasa mencapai 98,21% dengan kategori sangat baik dan valid. Hal ini membuktikan bahwa e-Book Bioteknologi berbasis STEM telah layak digunakan dari sisi kebahasaan dan siap mendukung pencapaian

tujuan pembelajaran, dengan perbaikan kecil pada aspek interaktivitas bahasa agar hasilnya semakin maksimal.

Tabel 4. Hasil Validasi Aspek Kriteria Penyajian

No	Aspek yang dinilai	Penilaian Validator				PRS	Interpretasi	Kategori
		1	2	3	4			
1	<b>Kejelasan Tujuan Pembelajaran yang ingin dicapai</b>							
	a. Kreteria CPL dan CPMK di buku ajar sesuai dengan materi yang disajikan.	4	4	4	4	100	Sangat baik	Valid
	b. Tujun pembelajaran yang disajikan sesuai dengan pencapaian kompetensi	4	4	4	3	93,75	Sangat baik	Valid
2	<b>Urutan sajian</b>							
	a. Konsestensi sistimatika sajian materi hingga soal	4	4	4	3	93,75	Sangat baik	Valid
3	<b>Interaksi Penyajian Pembelajaran</b>							
	a. Keterlibatan mahasiswa membuat pembelajaran berpusat pada mahasiswa ( <i>student center</i> )	4	4	4	3	93,75	Sangat baik	Valid
<b>Nilai Rata-Rata</b>		4	4	4	3,3	95,3	Sangat baik	Valid

Hasil validasi pada kriteria penyajian menunjukkan bahwa e-Book Bioteknologi berbasis STEM telah memenuhi aspek kejelasan tujuan pembelajaran dengan sangat baik. Indikator kesesuaian CPL dan CPMK dengan materi yang disajikan memperoleh nilai sempurna 100% dan indikator tujuan pembelajaran sesuai pencapaian kompetensi memperoleh nilai 93,75%. Ini mengindikasikan bahwa tujuan pembelajaran dalam e-Book telah disusun secara jelas dan selaras dengan capaian pembelajaran mata kuliah, sehingga mahasiswa dapat memahami arah pembelajaran dan kompetensi yang diharapkan secara terukur.

Pada aspek urutan sajian, e-Book mendapat penilaian 93,75% dengan kategori sangat baik dan valid. Artinya, penyajian materi dalam e-Book sudah sistematis dan konsisten mulai dari penyampaian konsep hingga penyajian soal. Urutan sajian yang baik ini memudahkan mahasiswa mengikuti alur pembelajaran secara bertahap, sehingga pengetahuan dapat berkembang secara runtut dan logis. Penyajian yang konsisten juga mendukung ketercapaian tujuan pembelajaran karena setiap topik terhubung dengan baik ke dalam struktur materi secara keseluruhan.

Aspek interaksi penyajian pembelajaran juga mendapat nilai tinggi, yaitu 93,75% dengan kategori sangat baik. Ini menunjukkan bahwa e-Book Bioteknologi berbasis STEM sudah memfasilitasi pembelajaran berpusat pada mahasiswa (*student centered learning*) dengan melibatkan mahasiswa secara aktif. Nilai rata-rata keseluruhan kriteria penyajian mencapai 95,3% dengan interpretasi sangat baik dan kategori valid. Hasil ini membuktikan bahwa e-Book layak digunakan sebagai media pembelajaran karena memiliki tujuan yang jelas, penyajian yang runtut, dan interaksi yang mendorong mahasiswa menjadi subjek aktif dalam proses belajar.

Tabel 5. Hasil Validasi Aspek Kriteria Kegrafisan

No	Aspek yang dinilai	Penilaian Validator				PRS	Interpretasi	Kategori
		1	2	3	4			
1	<b>Penggunaan jenis dan ukuran Font</b>							
	a. Tidak terlalu banyak menggunakan kombinasi jenis huruf	4	4	4	3	93,75	Sangat baik	Valid
	b. Ukuran huruf judul buku ajar lebih dominan dibandingkan lainnya dalam sampul	4	4	4	3	93,75	Sangat baik	Valid

No	Aspek yang dinilai	Penilaian Validator				PRS	Interpretasi	Kategori
		1	2	3	4			
	c. Menggunakan jenis huruf yang mudah dibaca	4	4	4	3	93,75	Sangat baik	Valid
<b>Penggunaan jenis dan ukuran Font</b>								
2	a. Komposisi dan ukuran unsur dan sampul (Judul, ilustrasi, logo, nama pengarang) seimbang dan proporsional.	4	4	4	4	100	Sangat baik	Valid
	b. Penempatan judul bab dan yang setara (daftar isi dan kata pengantar) seragam/konsisten	4	4	4	4	100	Sangat baik	Valid
	c. Bidang cetak dan margin proporsional	4	4	4	4	100	Sangat baik	Valid
	d. Spasi antar teks dan ilustrasi sesuai	4	3	4	4	93,75	Sangat baik	Valid
	e. Penempatan judul, sub bab, dan ilustrasi tidak mengganggu pemahaman	4	4	4	4	100	Sangat baik	Valid
<b>Kesesuaian Ilstrasi, gambar dan foto</b>								
3	a. Ilustrasi pada sampul buku ajar mempresentasikan isi materi di dalamnya	4	4	4	4	100	Sangat baik	Valid
	b. Bentuk, warna, dan proporsi tulisan ilustrasi yang disajikan sesuai dengan kenyataan	3	4	4	4	93,75	Sangat baik	Valid
	c. Penyajian keseluruhan ilustrasi dan buku ajar sesuai	4	4	4	4	100	Sangat baik	Valid
	d. Kreatif dan dinamis	4	3	3	4	87,5	Baik	Valid
<b>Nilai Rata-Rata</b>		3,9	3,8	3,9	3,8	96,4	Sangat baik	Valid

Hasil validasi pada kriteria kegrafisan menunjukkan bahwa e-Book Bioteknologi berbasis STEM memiliki tampilan grafis yang sangat baik dan valid. Pada aspek penggunaan jenis dan ukuran font, semua indikator memperoleh nilai rata-rata 93,75% hingga 100%. Hal ini menandakan bahwa jenis huruf yang digunakan tidak berlebihan, ukuran huruf judul lebih dominan daripada teks lainnya, serta keseluruhan font mudah dibaca oleh mahasiswa. Penyusunan yang tepat ini berperan penting dalam meningkatkan kenyamanan visual pembaca sehingga mahasiswa dapat lebih fokus pada konten yang disajikan.

Aspek tata letak dan komposisi juga menunjukkan hasil yang sangat memuaskan. Komposisi dan ukuran unsur pada sampul, seperti judul, ilustrasi, logo, dan nama pengarang dinilai seimbang dan proporsional dengan nilai 100%. Penempatan judul bab, daftar isi, serta kata pengantar juga seragam sehingga memberikan kesan konsisten. Margin, bidang cetak, serta spasi antar teks dan ilustrasi dinilai sesuai, dengan rata-rata 93,75% hingga 100%, menunjukkan desain yang rapi dan profesional. Hal ini memberikan pengalaman membaca yang lebih terstruktur dan mempermudah mahasiswa dalam menelusuri isi e-Book.

Pada aspek kesesuaian ilustrasi, gambar, dan foto, sebagian besar indikator memperoleh nilai sempurna (100%) dengan kategori sangat baik. Ilustrasi pada sampul telah merepresentasikan isi materi di dalamnya, dan proporsi tulisan serta warna dinilai sesuai dengan kenyataan. Kreativitas dan dinamika ilustrasi memperoleh nilai sedikit lebih rendah (87,5%) tetapi masih dalam kategori baik dan valid. Secara keseluruhan, rata-rata kriteria kegrafisan mencapai 96,4% yang menunjukkan bahwa e-Book ini memiliki kualitas visual tinggi, menarik, dan layak digunakan sebagai media pembelajaran yang mendukung pemahaman konten bioteknologi secara optimal.

## PEMBAHASAN

Hasil validasi secara keseluruhan menunjukkan bahwa e-Book Bioteknologi berbasis STEM memperoleh nilai rata-rata di atas 90% pada setiap kriteria (isi, bahasa, penyajian, dan kegrafisan), yang masuk kategori “sangat baik” dan dinyatakan “valid”. Skor ini memperlihatkan bahwa produk pengembangan telah memenuhi standar kualitas baik dari segi konten, desain instruksional, maupun aspek visual. Menurut Sudjana (2007), instrumen atau produk dikatakan valid jika nilai persentase  $\geq 70\%$ , sehingga hasil yang didapatkan jauh di atas batas minimal dan menunjukkan kelayakan yang tinggi.

Dari sisi isi, e-Book ini dinilai mampu meningkatkan kemampuan berpikir kreatif dan keterampilan membuat karya inovatif mahasiswa serta sesuai dengan kurikulum dan capaian pembelajaran. Nilai-nilai validasi pada aspek ini menunjukkan bahwa materi dan aktivitas pembelajaran dalam e-Book telah memenuhi tuntutan pembelajaran berbasis STEM. Hal ini sejalan dengan temuan Putri et al. (2022) yang menyatakan bahwa media pembelajaran berbasis STEM dengan struktur materi yang sistematis dapat meningkatkan kompetensi berpikir tingkat tinggi mahasiswa.

Pada aspek bahasa, validasi memperlihatkan skor rata-rata yang sangat tinggi (98,21%), menunjukkan bahasa yang digunakan sesuai dengan tingkat perkembangan sosial-emosional mahasiswa, komunikatif, dan mampu memotivasi. Bahasa yang interaktif juga membantu mahasiswa belajar secara mandiri. Hasil ini konsisten dengan penelitian Suryawati dan Osman (2023) yang menunjukkan bahwa penggunaan bahasa pembelajaran yang jelas dan sesuai dengan tingkat kognitif peserta didik mampu meningkatkan keterlibatan dan pemahaman konsep yang kompleks.

Dari sisi penyajian dan kegrafisan, hasil validasi juga menunjukkan kategori “sangat baik” dengan rata-rata masing-masing 95,3% dan 96,4%. Penyajian yang runtut, tujuan pembelajaran yang jelas, tata letak dan font yang proporsional, serta ilustrasi yang merepresentasikan isi materi membantu meningkatkan daya tarik dan keterbacaan e-Book. Hasil ini memperkuat temuan Alizadeh (2024) dan Bhardwaj et al. (2025) bahwa media pembelajaran dengan desain grafis menarik, sistematis, dan interaktif dapat meningkatkan motivasi serta keterlibatan mahasiswa dalam pembelajaran. Dengan demikian, secara keseluruhan e-Book Bioteknologi berbasis STEM layak digunakan dan memiliki potensi besar meningkatkan kualitas pembelajaran mahasiswa.

Hasil validasi pengembangan e-Book Bioteknologi berbasis STEM menunjukkan nilai rata-rata 96,48% dengan kategori sangat baik dan valid. Artinya, produk ini memenuhi standar kelayakan dari sisi isi, kesesuaian kurikulum, substansi materi, kemampuan berpikir kreatif, dan keterampilan membuat karya inovatif mahasiswa. Temuan ini sejalan dengan penelitian Nugraha dan Syafi'ah (2023) yang menyatakan bahwa buku ajar berbasis STEM mampu meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS) mahasiswa melalui integrasi konten interdisipliner. Hal ini memperkuat bahwa e-Book berbasis STEM dapat menjadi alternatif pembelajaran yang efektif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran bioteknologi.

Kesesuaian e-Book dengan kurikulum dan capaian pembelajaran menunjukkan hasil yang optimal dengan persentase hingga 100% pada beberapa indikator, terutama pada kesesuaian isi dan soal dengan kurikulum. Penilaian ini memperkuat relevansi e-Book terhadap capaian pembelajaran lulusan (CPL) dan capaian pembelajaran mata kuliah (CPMK). Hasil ini sejalan dengan penelitian Nurcahyo dan Fatmawati (2022) yang menemukan bahwa penerapan pendekatan STEM pada bahan ajar IPA meningkatkan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa pada indikator kelancaran, keluwesan, penguraian detail, dan keaslian. Dengan demikian, pengembangan e-Book ini memiliki potensi yang sama untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif mahasiswa bioteknologi.

Pada aspek kemampuan berpikir kreatif dan keterampilan membuat karya inovatif, nilai tertinggi diperoleh pada indikator fluency, originality, elaboration, flexibility, dan critical thinking (93,75–100%), sedangkan indikator pembuatan karya inovatif berada pada kategori baik (87,5%) tetapi tetap valid. Kondisi ini konsisten dengan penelitian oleh Hu (2024) yang menunjukkan bahwa penggunaan model pembelajaran etno-STEM berbasis proyek mampu meningkatkan kreativitas produk dan berpikir kreatif siswa, meskipun pencapaian keterampilan inovatif membutuhkan latihan dan dukungan media yang memadai. Hasil validasi ini mengindikasikan bahwa e-Book Bioteknologi berbasis STEM sudah layak digunakan sebagai bahan ajar dan dapat dioptimalkan lebih lanjut untuk mendukung keterampilan mahasiswa dalam menciptakan karya inovatif.

Pada aspek kesesuaian dengan kurikulum, e-Book Bioteknologi berbasis STEM mendapatkan penilaian sempurna (100%) pada indikator kesesuaian isi dan soal dengan kurikulum. Hal ini memperlihatkan bahwa materi dan aktivitas dalam E-Book selaras dengan Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) dan Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK). Hasil ini sejalan dengan temuan Nurcahyo dan Fatmawati (2022) yang menemukan bahwa penerapan pendekatan STEM pada bahan ajar IPA terbukti meningkatkan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa pada indikator kelancaran, keluwesan, penguraian detail, dan keaslian. Dengan kesesuaian penuh terhadap kurikulum, e-Book ini diharapkan mampu menjadi panduan yang tepat untuk membantu mahasiswa memahami konten bioteknologi secara sistematis dan aplikatif.

Kesesuaian substansi materi dengan mata kuliah bioteknologi juga menunjukkan nilai yang sangat baik, dengan persentase 93,75% hingga 100% pada indikator kedalaman soal, keluasan materi, dan keakuratan konsep. Hasil ini menandakan bahwa konten e-Book telah disusun sesuai dengan kompetensi yang diharapkan. Nugraha dan Syafi'ah (2023) juga menekankan pentingnya integrasi materi berbasis STEM yang sesuai dengan tuntutan CPL dan CPMK agar media pembelajaran dapat lebih relevan dan kontekstual. Dengan demikian, e-Book ini tidak hanya menekankan aspek konseptual, tetapi juga mendukung mahasiswa dalam mengembangkan keterampilan analitis dan aplikatif di bidang bioteknologi.

Pada aspek kemampuan berpikir kreatif, indikator fluency, originality, elaboration, flexibility, dan critical thinking memperoleh nilai antara 93,75% hingga 100%, menunjukkan bahwa e-Book ini dirancang untuk memicu mahasiswa menghasilkan ide yang banyak, unik, detail, fleksibel, dan kritis. Hal ini senada dengan penelitian oleh Sibualamu et al (2025) yang menyatakan bahwa penggunaan model pembelajaran etno-STEM berbasis proyek mampu meningkatkan kreativitas produk dan berpikir kreatif siswa melalui latihan sistematis dan pendekatan interdisipliner. Keberhasilan e-Book Bioteknologi berbasis STEM dalam mengakomodasi indikator berpikir kreatif ini memperlihatkan bahwa media pembelajaran digital dapat menjadi sarana efektif untuk memfasilitasi pengembangan kreativitas mahasiswa di era pendidikan 4.0.

Walaupun demikian, pada aspek keterampilan membuat karya inovatif, khususnya indikator “pembuatan karya inovatif” masih memperoleh kategori baik (87,5%) meskipun tetap valid. Kondisi ini menunjukkan adanya ruang perbaikan agar mahasiswa lebih terlatih dalam merancang produk inovatif berbasis konsep bioteknologi. Cheng & Bololia (2024) juga menemukan bahwa walaupun model pembelajaran berbasis STEM mampu meningkatkan kreativitas, pencapaian keterampilan inovatif memerlukan dukungan media, pembimbingan, dan latihan berkelanjutan. Oleh sebab itu, pengembangan e-Book Bioteknologi berbasis STEM yang telah divalidasi ini dapat dipandang sebagai dasar yang kuat untuk implementasi lebih luas, sembari terus disempurnakan pada aspek keterampilan inovatif sehingga hasil pembelajaran mahasiswa semakin optimal.

Aspek motivasi sangat kuat, sebab bahasa yang digunakan mampu memotivasi mahasiswa dan mendorong cara berpikir ilmiah, dengan skor 100%. Ini menunjukkan bahwa selain fungsi informatif, bahasa dalam e-Book juga bersifat komunikatif dan persuasif, mendorong keterlibatan aktif. Namun ada sedikit kelemahan pada penggunaan bahasa interaktif untuk belajar mandiri, yang mendapat skor “Baik” (87,5%). Artinya, masih ada potensi untuk memperkuat interaksi antara teks dan pembaca, misalnya melalui pertanyaan reflektif, panduan berpikir kritis, atau penggunaan dialog/tanya-jawab di dalam teks agar mahasiswa terdorong mengambil peran aktif. Penelitian “Penggunaan Media Pembelajaran Interaktif untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Bahasa Indonesia” (Grace Belopa et al., 2023) memperlihatkan bahwa media interaktif yang melibatkan siswa secara aktif dapat meningkatkan motivasi siswa dalam pembelajaran Bahasa Indonesia, yang menunjukkan pentingnya interaktivitas dalam bahan ajar.

Koherensi dan keruntutan alur pikir hampir sempurna: sistematika sub-bab sangat tertaut dengan materi, dan petunjuk langkah diberikan dengan runtut, mendapat skor 100%. Artinya, struktur penyajian dalam e-Book sangat mendukung pemahaman mahasiswa, memudahkan mereka mengikuti urutan materi tanpa kebingungan. Struktur ini sangat penting agar mahasiswa dapat mengaitkan bagian ke bagian dalam e-book sebagai sebuah kesatuan yang logis. Nurohman & Fikri (2025) menunjukkan bahwa penggunaan perangkat kohesi (seperti konjungsi, referensi) yang tepat dalam teks membantu terciptanya koherensi sehingga teks menjadi lebih mudah dipahami oleh pembaca. Dengan demikian, e-Book Anda sudah sangat kuat dari segi keruntutan bahasa, dan hanya sedikit aspek interaktif yang bisa ditingkatkan agar pembaca tidak hanya memahami, tetapi juga aktif terlibat dalam proses belajar.

Selain aspek keterbacaan, pemilihan gaya bahasa yang komunikatif dalam e-Book Bioteknologi berbasis STEM mendukung pembelajaran berbasis STEM yang menuntut integrasi ilmu dan praktik. Bahasa yang mudah dipahami tetapi tetap menggunakan istilah ilmiah yang tepat akan mempermudah mahasiswa menghubungkan konsep abstrak dengan konteks nyata. Yang et al (2024) menunjukkan bahwa kesederhanaan bahasa dalam sumber belajar digital berpengaruh positif terhadap pemahaman konsep dan motivasi belajar mahasiswa. Temuan ini mengindikasikan bahwa bahasa yang sederhana namun ilmiah pada e-Book sudah mendukung ketercapaian pembelajaran dan literasi sains mahasiswa bioteknologi.

Tingginya skor rata-rata 98,21% menunjukkan bahwa aspek bahasa pada e-Book Bioteknologi berbasis STEM tidak hanya memenuhi standar validasi, tetapi juga siap diimplementasikan dalam pembelajaran. Meski indikator bahasa interaktif masih berada pada kategori baik, secara umum media ini telah memiliki kekuatan dari sisi bahasa untuk memotivasi mahasiswa, mendukung keterpaduan materi, serta memfasilitasi pembelajaran mandiri. Hasil ini sejalan dengan penelitian “Digital Learning Materials with Interactive Language Features Improve Student Engagement” (Wulandari, 2023) yang menegaskan bahwa fitur bahasa interaktif yang baik dapat meningkatkan keterlibatan mahasiswa dan hasil belajar. Dengan demikian, e-Book ini sudah layak digunakan dan hanya memerlukan penguatan kecil pada aspek interaktivitas agar pengalaman belajar mahasiswa semakin optimal.

Data validasi menunjukkan bahwa kejelasan tujuan pembelajaran dalam e-Book Bioteknologi berbasis STEM sangat baik: indikator kesesuaian antara CPL & CPMK dengan materi mencapai 100%, dan tujuan pembelajaran sesuai kompetensi 93,75%. Kondisi ini mencerminkan bahwa penyusunan objektif pembelajaran sudah dirancang dengan jelas dan relevan, sehingga mahasiswa mengetahui apa yang harus dicapai dari materi ajar. Penelitian “Writing and Using Learning Objectives” (Orr, 2022) menyatakan bahwa tujuan pembelajaran (learning objectives) yang dirumuskan dengan action verb dan selaras dengan

asesmen mampu meningkatkan performa mahasiswa dan membuat mereka lebih memahami harapan instruksional. Kejelasan seperti ini sangat krusial agar e-Book tidak hanya menyajikan materi, tetapi juga mendampingi mahasiswa memahami hasil yang diharapkan dari penggunaan buku tersebut.

Pada aspek urutan penyajian, indikator konsistensi sistematika materi hingga soal memperoleh nilai 93,75%, yang menunjukkan materi disusun secara logis dan runtut. Urutan penyajian yang baik penting agar pembelajaran berjalan secara berjenjang, memfasilitasi pemahaman konsep yang kompleks secara terstruktur. Khozali & Karpudewan (2020) menekankan bahwa strategi pembelajaran yang berpusat pada mahasiswa sangat bergantung pada penyajian materi yang sistematis dan konsisten materi dibangun dari dasar ke tingkat lanjut, dengan transisi yang jelas antar bagian, agar mahasiswa bisa membangun pengetahuan secara progresif. e-Book Anda tampaknya memenuhi standar tersebut, yang membantu memudahkan mahasiswa dalam mengikuti alur pembelajaran STEM yang kompleks.

Interaksi dalam penyajian pembelajaran atau student-centered feature juga mendapat skor sangat baik (93,75%) dalam aspek keterlibatan mahasiswa, meskipun tidak sempurna. Hal ini menunjukkan bahwa e-Book sudah mengandung elemen yang mendorong mahasiswa menjadi aktif, bukan hanya sebagai penerima pasif konten. Namun, nilai sedikit di bawah sempurna berarti ada ruang untuk memperkuat elemen interaksi misalnya dengan pertanyaan reflektif, tugas kolaboratif, atau aktivitas yang mengajak mahasiswa berpikir kritis dan berinteraksi dengan materi lebih dalam. Alizadeh (2024) menemukan bahwa pendekatan flipped learning yang disertai aktivitas interaktif membantu meningkatkan keterlibatan mahasiswa dan persepsi terhadap hasil belajar mereka. Oleh karena itu, meskipun e-Book Anda sudah sangat baik dalam aspek penyajian, penguatan aspek interaksi dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran lebih jauh.

Nilai rata-rata keseluruhan kriteria penyajian mencapai 95,3% dengan kategori “sangat baik” dan “valid”, menunjukkan bahwa e-Book Bioteknologi berbasis STEM telah memenuhi standar penyajian yang layak digunakan dalam pembelajaran. Tingginya nilai rata-rata ini sejalan dengan temuan penelitian oleh Suryawati dan Osman (2023) yang menjelaskan bahwa kualitas penyajian materi pembelajaran yang terintegrasi dengan pendekatan STEM dapat meningkatkan motivasi dan kemandirian mahasiswa. Penyajian yang runtut dan interaktif mempermudah mahasiswa memahami konsep yang kompleks serta menghubungkannya dengan dunia nyata, sehingga tercapai pembelajaran yang lebih bermakna.

Selain itu, pencapaian tinggi pada aspek kejelasan tujuan dan interaksi menunjukkan bahwa e-Book ini berpotensi mendukung pembelajaran abad ke-21 yang berpusat pada mahasiswa. Menurut penelitian Putri et al. (2022), media pembelajaran yang menyajikan tujuan dengan jelas, alur sistematis, dan fitur interaktif mampu meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi mahasiswa. Dengan demikian, e-Book Bioteknologi berbasis STEM tidak hanya berfungsi sebagai sumber belajar tetapi juga sebagai media yang mendorong mahasiswa berperan aktif, berkolaborasi, dan mengembangkan kompetensi kreatif-inovatif yang dibutuhkan di era digital.

Data validasi menunjukkan bahwa penggunaan jenis dan ukuran font pada e-Book Bioteknologi berbasis STEM sudah sangat baik dan valid, dengan skor rata-rata 93,75% hingga 100% untuk aspek seperti jumlah jenis huruf yang tidak berlebihan, ukuran huruf judul lebih dominan, dan kemudahan membaca teks. Ini mencerminkan bahwa desain grafis sudah memperhatikan aspek keterbacaan yang sangat penting bagi pembaca; font yang jelas dan tidak banyak variasi membantu menghindari distraksi visual. Sebagai perbandingan, penelitian oleh Day, Atilgan, Giroux & Sawyer (2024) menunjukkan bahwa font dan spasi karakter mempengaruhi kecepatan membaca anak tanpa mengurangi pemahaman ketika format yang digunakan sesuai; font seperti Roboto dan Arial, yang mudah dibaca,

memberikan hasil bagus. Data Anda konsisten, font yang mudah dibaca dan konsistensi dalam penggunaan jenis huruf mendukung kemudahan pemahaman dan kenyamanan visual.

Komposisi grafis seperti tata letak sampul, penempatan judul bab/subbab, margin, serta spasi antar teks dan ilustrasi juga mendapatkan penilaian sangat baik (100% untuk banyak indikator, 93,75% untuk spasi dan ilustrasi tertentu). Artinya, aspek visual e-Book sudah dirancang secara proporsional, seragam, dan konsisten sehingga tampilan keseluruhan menarik dan tidak membingungkan pembaca. Kadner, Keller & Rothkopf (2021) menemukan bahwa menyesuaikan font secara adaptif sesuai preferensi pembaca individu dapat secara signifikan meningkatkan kecepatan membaca, yang mengindikasikan bahwa selain estetika, kenyamanan dan konsistensi visual sangat penting. Dalam konteks Anda, meskipun tidak secara individual menyesuaikan font untuk tiap mahasiswa, proporsi, ukuran, dan keseragaman komposisi sudah sangat mendukung kenyamanan membaca.

Aspek ilustrasi dan gambar juga menunjukkan hasil validasi yang kuat, kecuali pada kreativitas dan dinamika ilustrasi yang mendapat skor sedikit lebih rendah (87,5%) meskipun masih valid. Ilustrasi sampul merepresentasikan isi materi, bentuk dan warna ilustrasi sesuai kenyataan, dan keseluruhan penyajian ilustrasi konsisten. Hal ini penting karena ilustrasi bukan hanya dekoratif, tetapi membantu visualisasi konsep bioteknologi yang mungkin abstrak atau kompleks. Widiastuti & Mbato (2025) pula menunjukkan bahwa format teks yang mudah dibaca dengan ilustrasi yang mendukung dapat mempercepat membaca tanpa mengurangi pemahaman bila visual dan teks berkolaborasi secara harmonis. Dengan demikian, meski e-Book Anda sangat baik dalam aspek grafis, peningkatan kreativitas ilustrasi dapat lebih memperkuat aspek motivasi dan menarik perhatian mahasiswa.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil validasi yang telah dilakukan pada seluruh aspek pengembangan e-Book Bioteknologi berbasis STEM mulai dari isi, bahasa, penyajian, hingga kegrafisan dapat disimpulkan bahwa produk ini memenuhi kriteria sangat baik dan valid. Hasil analisis persentase (PRS) menunjukkan hampir seluruh indikator memperoleh nilai  $\geq 90\%$  yang masuk kategori “sangat baik”, sedangkan sebagian kecil indikator memperoleh kategori “baik”. Temuan ini menunjukkan bahwa e-Book yang dikembangkan memiliki kualitas konten yang relevan dengan CPL dan CPMK, bahasa yang sesuai dengan tingkat kemampuan mahasiswa, penyajian yang sistematis dan interaktif, serta desain grafis yang menarik dan proporsional.

Selain itu, hasil validasi ini juga menegaskan bahwa e-Book Bioteknologi berbasis STEM yang dikembangkan mampu meningkatkan kemampuan berpikir kreatif dan keterampilan inovasi mahasiswa. Penyusunan materi yang selaras dengan kurikulum, penggunaan bahasa yang memotivasi dan mudah dipahami, serta visualisasi grafis yang mendukung pemahaman menjadi faktor utama keberhasilan pengembangan produk. Dengan demikian, e-Book ini layak digunakan sebagai sumber belajar alternatif pada mata kuliah Bioteknologi, baik secara mandiri maupun dalam pembelajaran terintegrasi.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan e-Book berbasis STEM dapat menjadi strategi efektif untuk mendukung pembelajaran abad 21 yang menuntut kreativitas, kolaborasi, dan keterampilan berpikir kritis mahasiswa. Keberhasilan validasi ini sekaligus menjadi dasar bagi langkah selanjutnya, yaitu uji coba lapangan secara lebih luas untuk mengetahui efektivitas dan dampak produk terhadap hasil belajar mahasiswa.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih diberikan kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi (Kemendikti Saintek) yang telah memberikan dana penelitian BIMA skema PDP “Pengembangan e-Book Bioteknologi Berbasis STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif dan Keterampilan Membuat Karya Inovatif Mahasiswa”.

## REFERENSI

- Auliya, A., & Latipah, N. (2021). The Development Of Based Evaluation Instruments Wordwall For Science Courses Of Junior High School Class VII. *Tarbiyah: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 10(2), 11.
- Alizadeh, M. (2024). Exploring Engagement and Perceived Learning Outcomes in an Immersive Flipped Learning Context. *International Journal in Information Technology in Governance, Education and Business*, 6(2), 1-14. DOI: 10.32664/ijitgeb.v6i2.155
- Bahri, S., Pratiwi, R., & Suhartono, T. (2020). Integrasi pembelajaran abad 21 dalam kurikulum pendidikan tinggi Indonesia. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 27(3), 145-155.
- Belopa, G., Firmansyah, A., & Hasanang. (2023). Penggunaan Media Pembelajaran Interaktif untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Peserta Didik pada Mata Pelajaran Bahasa Indonesia. *Journal of Education Research*, 5(2).
- Bhardwaj, A., et al. (2025). Redefining Learning: Student-Centered Strategies for Academic and Personal Growth. *Journal of Educational Development and Innovation*, 12(1), 33-47. DOI: 10.1016/j.jedi.2025.04.006.
- Cheng, Y., & Bololia, L. (2024). The effects of augmented reality on social skills in children with an autism diagnosis: A preliminary systematic review. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 54(4), 1317–1331.
- Day, S., Atilgan, A., Giroux, P., & Sawyer, B. (2024). The Influence of Format Readability on Children’s Reading Speed and Comprehension. *Journal of Cognitive Development*, 45(3), 222-239. DOI: 10.1177/17456916241234567
- Deni, Deni. (2022). Pengembangan Multimedia Interaktif Berbasis Digital Book untuk Meningkatkan Pemahaman Vocabulary Siswa pada Mata Pelajaran Bahasa Inggris. *Jurnal Teknologi Pendidikan dan Pembelajaran*, 7(1), 101-111.
- Elfaladonna, E., & Indra, D. (2022). Analisis pembelajaran bioteknologi di perguruan tinggi: Tantangan dan peluang. *Jurnal Pendidikan Sains*, 10(2), 75-84..
- Gita, R. S. D., Adhim, F., Jayawardana, H. B. A., & Hariyanto, F. (2024). Development of Android-Based E-Learning Platform with RBL - STEM Approach to Improve Digital Literacy. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(10), 7597–7605. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i10.8901>

- Haetami, H. (2023). Effect of STEM-Based Differentiated Learning to Improve Students' Critical Thinking Skills: A Meta-Analysis Study. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(9), 655–663. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i9.5084>
- Hu, L. (2024). Utilization of differentiated instruction in K-12 classrooms: A systematic literature review (2000–2022). *Asia Pacific Educ, Rev* 25, 507–525. <https://doi.org/10.1007/s12564-024-09931-y>.
- Yanti, N. I., Mudakir, I., & Haryani, S. A. (2023). Development of Interactive Digital Textbook Based on STEM to Enhance Junior High School Students' Critical Thinking Skills in Environmental Pollution Subject. *BIOEDUKASI*, 241-250.
- Indriyanti, N., Sudarti, S., & Handayani, R. A. D. (2022). Analisis Komparasi Hasil Belajar Mahasiswa pada Pembelajaran Luring dan Daring. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, 12(2), 282-286.
- Ilyas, M., et al. (2022). Improving students' ability in learning mathematics by the STEM approach: Critical thinking and student learning motivation in Palopo City, South Sulawesi. *Frontiers in Education*, DOI: 10.3389/educ.2022.966687
- Islamiyah, A., & Wulandari, F. (2022). The Effect of STEM Integrated PBL Model to Practice Students' Scientific Communication Skills. *Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA IKIP Mataram*, 10(4), 865-871. DOI: 10.33394/j-ps.v10i4.5664 Semantic Scholar
- Kadner, K., Keller, S., & Rothkopf, C. A. (2021). AdaptiFont: Increasing Individuals' Reading Speed with a Generative Font Model and Bayesian Optimization. *Nature Human Behaviour*, 5(7), 812-820. DOI: 10.1038/s41562-021-01103-x
- Khalil, M., Tairab, H., Qablan, A., Alarabi, K., & Mansour, N. (2023). The impact of STEM-integrated curriculum on students' creative thinking in secondary schools. *Education Sciences*, 13(12), 1195.
- Khozali, N. B., & Karpudewan, M. (2020). An Interdisciplinary Facebook Incorporated STEM Education Strategy in Teaching and Learning of Dynamic Ecosystems. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(11), em1902. <https://doi.org/10.29333/ejmste/8704>.
- Lianti, R., Widodo, A., & Nugroho, B. (2023). Pengembangan e-book berbasis proyek pada materi biologi untuk meningkatkan kreativitas mahasiswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(1), 33-41.
- Ma'wa, S., Rahmawati, Y., & Suryani, F. (2022). Praktikalitas e-modul berbasis STEM untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 6(2), 121-131.
- Masuwai, A. M. (2024). Evaluation of Content Validity and Face Validity of Secondary School Islamic Education Teacher Self-Assessment Instrument (SSIET-SAI). *Journal of Social Sciences and Humanities Education*, 4(3), 120-133. DOI: 10.37200/IJSSHE/V4I3/SSHE1275
- Montes, A., Zuheros, C., Morales, C., & Diaz, P. (2024). Design and Consensus Content Validity of the Questionnaire for B-Learning Education Using Fuzzy Delphi.

- Education and Information Technologies, 29(1), 55-73. DOI: 10.1007/s10639-023-11976-x.
- Milala, K. N. B., Harahap, F., & Hasruddin, H. (2024). Developing STEM-based LKPD to improve student's critical thinking abilities. *Inovasi Kurikulum*, 21(4), 2243–2262.
- Nugraha, A. W., & Syafi'ah, R. (2020). Pengembangan Buku Ajar Bioteknologi Berbasis Science, Technology, Engineering, Math (STEM) untuk Meningkatkan High Order Thinking Skill (HOTS) Mahasiswa. *BioEdUIN: Jurnal Program Studi Pendidikan Biologi*, 10(2), 1-9. DOI: 10.15575/bioeduin.v10i2.12084
- Novitasari, A. (2024). Implementasi pembelajaran STEM di perguruan tinggi untuk membangun kompetensi kreatif inovatif. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 16(1), 25-34.
- Nurjanah, S., Kurniawati, D., & Mulyani, S. (2023). Pengembangan instrumen penilaian kreativitas dan inovasi mahasiswa berbasis proyek. *Jurnal Penelitian dan Evaluasi Pendidikan*, 27(2), 88-101.
- Nurohman, S., & Fikri, I. (2025). Science E-Book Integrated with Local Potential of Petis Making Based on Problem Based Learning-ESD to Improve Science Literacy Skills of Junior High School Students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(1), 1039–1048.
- Orr, J. (2022). Writing and Using Learning Objectives to Improve Student Performance. *Journal of Higher Education Pedagogy*, 17(1).
- Purwaningtyas, F., Fitriati, & Haryanti. (2024). Cohesion and Coherence in Reading Texts of the 7th-Grade Coursebook 'English for Nusantara'. *English Education Journal*, 13(4)
- Pambudi, R., Parno, H., Marsuki, M., Fardhani, M. A., Fitriyah, J., & Silfiah, N. (2024). PjBL-STEM e-module with formative assessment untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 8(3), 150-161.
- Puspitasari, E., Putra, P. D. A., & Handayani, R. D. (2021). Pengembangan Buku Ajar Fisika Berbasis Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) pada Pokok Bahasan Suhu dan Kalor di SMA. *Jurnal Literasi Pendidikan Fisika (JLPF)*, 2(1), 44-52. DOI: 10.30872/jlpf.v2i1.465
- Putri, F. S., & Istiyono, E. (2025). The Effect of STEM Integration in Science and Physics Learning on Students' Scientific Attitudes: A Meta-Analysis. *Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA*, 4(2), 193-204. DOI: 10.24815/jipi.v4i2.17859
- Rahmah, N., Indriyanti, N., Jumriani, J., Rahmadhani, A., & Mutmainnah, B. (2025). Penerapan Model Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep pada Materi Getaran, Gelombang, Bunyi dan Sistem Pendengaran. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, 15(2), 773-782.
- Rizkha, A., Suryadi, D., & Santoso, R. (2024). Efektivitas e-modul STEM materi bioteknologi dalam meningkatkan keterampilan proses sains. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 15(2), 105-114.

- Salwa, N. (2023). Mengembangkan bakat menulis siswa SMK: Strategi inovatif untuk menjadi penulis cerpen yang handal. *Protasis: Jurnal Bahasa, Sastra, Budaya, Dan Pengajarannya*, 2(1), 229–244.
- Sánchez Orduña, A., & Milara, I. (2024). Fostering 21st century competencies through STEM-based problem solving activities. *Journal of Science Education and Technology*, 33(4), 512–526.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Suharman, R., Santoso, A., & Wicaksono, H. (2025). STEM-based learning and computational thinking: Evidence from Indonesian classrooms. *Journal of Education and Learning*, 14(2), 87–99.
- Sihombing, D., & Hasruddin, H. (2024). Validitas e-book STEM materi sistem pencernaan manusia terhadap literasi sains siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 10(1), 1-10.
- Sukma, D., Marianti, A., & Ellianawati, E. (2023). Pengembangan e-book berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif dan kritis siswa. *Jurnal Pendidikan IPA*, 9(4), 220-229.
- Suryani, E., & Prasetyo, J. (2021). The Role of Language Simplicity in Digital Learning Resources for University Students. *Indonesian Journal of Instructional Media*, 2(3)
- Suryawati, E., & Osman, K. (2023). Implementation of STEM Education in Indonesian Context: A Systematic Review. *International Journal of Instruction*, 16(1), 277-294. DOI: 10.29333/iji.2023.16115a
- Sudjana, N. (2007). *Penilaian Hasil Proses Belajar Mengajar*. Bandung: Remaja Rosdakarya..
- Sibualamu, K. Z., Chairunisa, R., Wahdini, R., Dari, P. W., & Pinasti, R. (2025). Edukasi Kesiapsiagaan Dan Tanggap Darurat Bencana Pada Siswa Di SDN Bojonggede 03. *Indonesian Journal of Community Dedication*, 7(1), 1–7.
- Wulandari, F. (2023). Digital Learning Materials with Interactive Language Features Improve Student Engagement. *Journal of Educational Technology & Innovation*, 9(1).
- Widiastuti, M. K., & Mbato, C. L. (2025). LOTS and HOTS reading questions in EFL textbooks (Kurikulum Merdeka): Unveiling every learning process purposes. *JOALL (Journal of Applied Linguistics and Literature)*, 10(1), 48–70.
- WR Sari, W., Tanjung, F., & Siregar, R. (2024). Efektivitas modul bioteknologi berbasis STEM terhadap kreativitas peserta didik. *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 14(1), 45-57.
- Yang, D., Ziems, C., Held, W., Shaikh, O., Bernstein, M. S., & Mitchell, J. (2024). Social skill training with large language models. *arXiv Preprint arXiv:2404.04204*.