

VALIDASI DAN KEPRAKTISAN *E-BOOK* BERBASIS *SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING AND MATHEMATICS (STEM)* UNTUK MELATIHKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA PADA MATERI BIOTEKNOLOGI

The Validation and Practicality E-book Based on Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Materials of Biotechnology and Development to Train Critical Thinking Skill

Aslihatul Milah

Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: aslihatul.18052@mhs.unesa.ac.id

Endang Susantini dan Dwi Anggorowati Rahayu

Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: endangsusantini@unesa.ac.id

dwirahayu@unesa.ac.id

Abstrak

Transformasi teknologi dalam dunia pendidikan menuntut adaptasi melalui penguasaan keterampilan abad ke-21, di mana salah satu ciri utamanya ialah kemampuan berpikir kritis. Upaya peningkatan kualitas pembelajaran yang relevan dengan kebutuhan masa kini dapat dilakukan dengan pendekatan *STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics)*. Pendekatan ini dinilai efektif untuk mendorong keterlibatan aktif peserta didik dan mengasah keterampilan berpikir kritis secara terstruktur. Di antara berbagai disiplin ilmu, materi Biologi, khususnya topik Bioteknologi, sangat tepat diintegrasikan dengan model *STEM* karena memiliki keterkaitan dengan berbagai aspek teknologi dan rekayasa. Penelitian ini berfokus pada pengembangan *E-book* berbasis *STEM* pada materi Bioteknologi, yang dirancang untuk melatih kemampuan berpikir kritis siswa secara sistematis. Proses pengembangan dilakukan menggunakan model 4-D, yaitu melalui tahapan *define, design, development, serta dissemination*. Implementasi produk dilakukan pada siswa kelas XII MIPA di MA Unggulan Al-Falah, melibatkan 20 peserta didik sebagai subjek uji coba. Hasil evaluasi menunjukkan *E-book* yang dikembangkan memperoleh rata-rata skor validitas sebesar 95,69% yang masuk dalam kategori sangat valid. Aspek keterbacaan *E-book* berada pada level 12, sementara respon peserta didik terhadap penggunaan *E-book* menunjukkan tingkat penerimaan yang sangat positif, dengan rata-rata skor sebesar 96,31%. Berdasarkan temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa *E-book* berbasis *STEM* pada materi Bioteknologi layak digunakan sebagai media pembelajaran yang sangat valid dan praktis untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Kata Kunci: *E-book, STEM, keterampilan berpikir kritis, bioteknologi, teknologi Pendidikan, bioteknologi*

Abstract

The advancement of technology in the field of education requires adaptation through the mastery of 21st-century skills, with critical thinking abilities becoming a pivotal aspect. Efforts to enhance learning quality and relevance are effectively realized through the application of the STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) approach. This method is proven to foster active student engagement and systematically cultivate critical thinking skills. Among various science subjects, Biology—specifically the topic of Biotechnology is highly suitable for integration with the STEM approach due to its strong interconnection with technology and engineering concepts. This research focuses on the development of a STEM-based E-book in Biotechnology, designed to systematically train students' critical thinking abilities. The development process employed the 4-D model, encompassing the stages of define, design, development, and dissemination. The product was implemented and evaluated among 20 students of class XII MIPA at MA Unggulan Al-Falah. The evaluation results revealed that the developed E-book achieved an average validity score of 95.69%, categorized as highly valid. The E-book's readability reached level 12, while students' responses indicated a highly positive reception, with an average score of 96.31%. These findings suggest that the STEM-based E-book in Biotechnology is highly valid and practical, making it an effective learning medium for fostering critical thinking skills among students.

Key Words: *E-book, critical thinking skills, education technology, biotechnology*

Milah, Aslihatul, Susantini, Endang, Rahayu, Dwi Anggorowati: Pengembangan E-book Berbasis Science



PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi informasi dan komunikasi telah membawa dampak signifikan terhadap berbagai sektor, termasuk bidang pendidikan. Era globalisasi menuntut dunia pendidikan untuk terus beradaptasi dalam menghadapi tantangan baru yang semakin kompleks. Dalam konteks ini, peserta didik perlu menguasai berbagai keterampilan abad ke-21 agar mampu berkompetisi dan berkontribusi secara positif di lingkungan masyarakat global. Kurikulum 2013 di Indonesia telah dirancang untuk mendorong peserta didik menjadi individu yang bertanggung jawab, kreatif, inovatif, pekerja keras, serta cerdas secara emosional sehingga mampu memberikan kontribusi berarti baik bagi komunitas, bangsa, maupun masyarakat internasional (Permendikbud, 2013). Lebih lanjut, Aisyah dkk. (2017) menegaskan bahwa pendidikan abad ke-21 menuntut penguasaan empat kompetensi utama yang dikenal dengan 4C, yaitu *Critical Thinking and Problem Solving*, *Communication*, *Collaboration*, dan *Creativity and Innovation*.

Penguasaan keterampilan berpikir kritis merupakan salah satu komponen kunci yang perlu dimiliki oleh setiap peserta didik. Keterampilan ini meliputi kemampuan dalam melakukan penalaran logis, interpretasi fenomena, menganalisis masalah, serta mencari solusi yang tepat. Kemampuan berpikir kritis sering kali berawal dari kepekaan individu dalam mengamati berbagai peristiwa yang terjadi di sekitarnya, kemudian mengevaluasi serta mempertimbangkannya berdasarkan sudut pandang tertentu. Selanjutnya, individu akan berupaya mengalihkan situasi yang kurang menguntungkan menjadi kondisi yang lebih baik (Sugiyarti dkk., 2018). Berpikir kritis juga dapat dipahami sebagai proses menghasilkan pemahaman secara mandiri melalui interpretasi, analisis, hingga penarikan kesimpulan dari suatu situasi yang dihadapi (Puspitadewi, 2014).

Data yang dirilis oleh Programme for International Student Assessment (PISA) memperlihatkan bahwa tingkat kemampuan berpikir kritis peserta didik di Indonesia masih tergolong rendah. Pada tahun 2018, Indonesia menempati posisi ke-74 dari 79 negara peserta dengan rata-rata skor 489 (OECD, 2019). Sementara pada PISA 2022, peringkat Indonesia turun ke posisi 71 dari 81 negara. Peserta didik yang berada pada kuintil terbawah mencatatkan rata-rata skor 383, yang terpaut 102 poin di bawah rerata global. Nilai rata-rata untuk literasi membaca tercatat sebesar 345, matematika 354, dan sains 372. Berdasarkan statistik tersebut, terlihat bahwa kemampuan berpikir kritis siswa Indonesia masih jauh

dari ideal sehingga dibutuhkan upaya konkret untuk meningkatkan kompetensi ini. Hal serupa juga ditemukan pada hasil Trends in Mathematics and Science Study (TIMSS) tahun 2015, di mana Indonesia hanya menempati peringkat ke-46 dari 51 negara dengan skor rata-rata 397, yang masih di bawah standar global yaitu 500. Kondisi ini memperkuat pandangan Rahmawati (2016) yang menyatakan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik di Indonesia masih perlu ditingkatkan. Upaya untuk melatih keterampilan berpikir kritis dapat dilakukan dengan memanfaatkan *E-book*, yang mencakup enam aspek utama, yakni interpretasi, inferensi, analisis, penjelasan, evaluasi, dan pengaturan diri.

Salah satu metode yang relevan untuk menjawab tuntutan pembelajaran abad ke-21 adalah pendekatan STEM, sebagaimana dikemukakan oleh Mutakinanti dkk. (2018). Pendekatan ini bertujuan untuk mengintegrasikan aspek *Science*, *Technology*, *Engineering*, dan *Mathematics* dalam proses pembelajaran, sehingga peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang holistik serta mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis. Menurut Bybee (2010), keempat disiplin ilmu tersebut saling berkaitan dan perlu diintegrasikan secara harmonis dalam pembelajaran. Becker dan Park (2011) menegaskan bahwa pendekatan STEM tidak hanya mencakup satu bidang saja, melainkan dapat menggabungkan lebih dari satu disiplin ilmu serta dikaitkan dengan bidang akademik lainnya. Penerapan pendekatan STEM menjadi sangat penting karena mampu mendorong pengembangan keterampilan abad ke-21, khususnya literasi sains dan teknologi, serta memberikan stimulus bagi peserta didik agar lebih adaptif terhadap perkembangan zaman (Erdogan & Ciftci, 2017).

Materi bioteknologi sangat sesuai untuk diintegrasikan dalam pendekatan STEM karena memadukan unsur biologi dan teknologi secara langsung. Moreland dkk. (2006) menyatakan bahwa bioteknologi merupakan bidang multidisipliner yang melibatkan aspek sosiologi, teknologi, etika, serta kompleksitas permasalahan yang harus dipecahkan. Pelaksanaan pembelajaran bioteknologi tidak hanya membutuhkan penguasaan aspek teknis dan desain, tetapi juga menuntut pemahaman mendalam terhadap ilmu pengetahuan dan penerapan teknologi secara bijak.

Pelaksanaan pembelajaran berbasis STEM menuntut ketersediaan sumber belajar yang mampu mengintegrasikan keempat disiplin ilmu tersebut secara efektif dalam pembelajaran di kelas. Buku ajar, baik dalam bentuk cetak maupun digital, menjadi salah satu media penting yang dapat dimanfaatkan dalam proses

pembelajaran. Namun demikian, *E-book* dinilai memiliki keunggulan dibandingkan buku cetak, terutama dalam hal penyajian materi yang interaktif dan mudah dipahami. *E-book* dilengkapi berbagai fitur pendukung seperti fungsi pencarian (*searching*), *cross-referencing function*, *hypertext link*, *bookmark*, *annotation highlight*, *multimedia object*, serta perangkat interaktif lainnya yang dapat meningkatkan kualitas pembelajaran (Valsileiu & Roeley, 2008).

Berdasarkan paparan permasalahan di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *E-book* berbasis STEM pada materi Bioteknologi guna melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik kelas XII SMA/MA. Produk yang dihasilkan diharapkan memiliki validitas serta kepraktisan tinggi sehingga dapat digunakan secara optimal dalam proses pembelajaran.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan pengembangan dengan menerapkan model 4D yang meliputi tahapan *define*, *design*, *develop*, serta *disseminate*. Seluruh proses penelitian dilaksanakan di MA Unggulan Al-Falah pada semester genap tahun ajaran 2022/2023, dengan subjek penelitian yaitu siswa kelas XII MIPA. Sebagai langkah awal, uji coba terbatas diterapkan pada dua puluh peserta didik kelas XII MIPA di MA Unggulan Al-Falah untuk memastikan relevansi serta keberterimaan produk yang dikembangkan dalam konteks nyata pendidikan.

Penelitian ini menelaah dua aspek utama, yaitu kepraktisan dan validitas *E-book*. Pengumpulan data validitas melibatkan satu orang validator dari kalangan guru biologi dan dua dosen yang memiliki keahlian di bidang materi serta media pembelajaran. Instrumen yang digunakan dalam proses validasi berupa lembar validasi yang telah disusun secara sistematis. Setiap aspek yang dinilai mencakup penyajian materi, substansi isi, dan penggunaan bahasa. Validasi *E-book* didasarkan pada kriteria numerical rating scale 1-4, sedangkan persentase skor rata-rata validitas dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$(\%) \text{ Validitas} = \frac{\sum \text{Skor yang diperoleh}}{\sum \text{Skor maksimal}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Analisis hasil validasi dilakukan menggunakan kriteria interpretasi persentase sebagaimana tertera dalam Tabel 1. Apabila *E-book* mencapai nilai minimal 71%, maka produk tersebut dinyatakan valid menurut standar yang dikemukakan oleh Riduwan (2013).

Tabel 1. Kriteria interpretasi skor validitas berdasarkan skala Likert yang digunakan dalam proses evaluasi

Persentase (%)	Kriteria
25-40	Tidak praktis
41-55	Kurang praktis
56-70	Cukup praktis
71-85	Praktis
86-100	Sangat praktis

(Riduwan, 2013)

Penilaian kepraktisan *E-book* dilakukan melalui serangkaian metode, salah satunya yaitu uji keterbacaan. Dalam penelitian ini, keterbacaan *E-book* berbasis STEM diukur sebelum produk diberikan kepada siswa untuk memastikan materi dapat dipahami dengan baik oleh peserta didik pada tingkat pendidikan yang sesuai. Uji keterbacaan memanfaatkan alat bantu berupa *Fry Graph*, sebagaimana telah dikembangkan oleh Edward Fry, yang digunakan secara berulang sebanyak tiga kali untuk meningkatkan validitas hasil. Setiap subbab dari *E-book* diambil sampel sebanyak seratus kata. Seluruh suku kata dan kalimat dalam setiap sampel kemudian dihitung secara cermat. Hasil perhitungan jumlah suku kata dikalikan dengan angka 0,6 sebagai bagian dari prosedur standar analisis, lalu hasil tersebut dikonversikan ke dalam grafik *Fry*. Pada grafik tersebut, jumlah kalimat disimbolkan melalui garis vertikal sedangkan jumlah suku kata direpresentasikan oleh garis horizontal. Titik temu antara kedua garis tersebut memberikan informasi mengenai tingkat keterbacaan *E-book*, sehingga dapat diketahui kesesuaian isi *E-book* dengan tingkat kemampuan membaca peserta didik pada jenjang kelas tertentu (Harjasujana & Yeti, 1996). Dengan demikian, proses uji keterbacaan menjadi tahap penting untuk memastikan *E-book* benar-benar relevan dan mudah dipahami sesuai karakteristik pengguna.

Selain melalui uji keterbacaan, kepraktisan *E-book* juga diukur menggunakan instrumen angket respons yang diisi oleh peserta didik. Pada tahap ini, dua puluh siswa dari kelas XII MA Unggulan Al-Falah diminta memberikan penilaian terhadap *E-book* dengan cara mengisi angket yang telah disiapkan peneliti. Seluruh jawaban peserta didik selanjutnya dikategorikan menjadi dua pilihan, yaitu “Ya” untuk respons positif dan “Tidak” untuk respons negatif. Proses pengelompokan ini memudahkan analisis data dengan menghasilkan persentase respons dari keseluruhan jawaban yang masuk. Interpretasi terhadap data respons dilakukan dengan mengacu pada kriteria kepraktisan yang tercantum dalam Tabel 2, di mana suatu produk *E-book* dinyatakan praktis apabila memperoleh respons positif minimal sebesar 71%. Kriteria ini mengacu pada pendapat Riduwan (2013), yang menyebutkan bahwa persentase tersebut merupakan

batas minimum agar suatu media pembelajaran dinilai layak dan efektif digunakan dalam proses belajar mengajar. Penerapan metode ini bertujuan untuk memberikan gambaran objektif tentang tingkat penerimaan *E-book* di kalangan siswa serta memastikan produk benar-benar memenuhi kebutuhan pembelajaran di kelas.

$$(\%) \text{ Respons} = \frac{\sum \text{Skor jawaban "Ya"}}{\sum \text{Skor maksimal}} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Tabel 2 digunakan untuk menginterpretasikan tingkat kepraktisan berdasarkan persentase respons siswa. Apabila tanggapan siswa mencapai atau melampaui 71% untuk kategori positif, maka *E-book* tersebut dinyatakan layak dipergunakan dalam proses pembelajaran (Riduwan, 2013).

Tabel 2. Kriteria interpretasi kepraktisan respon positif

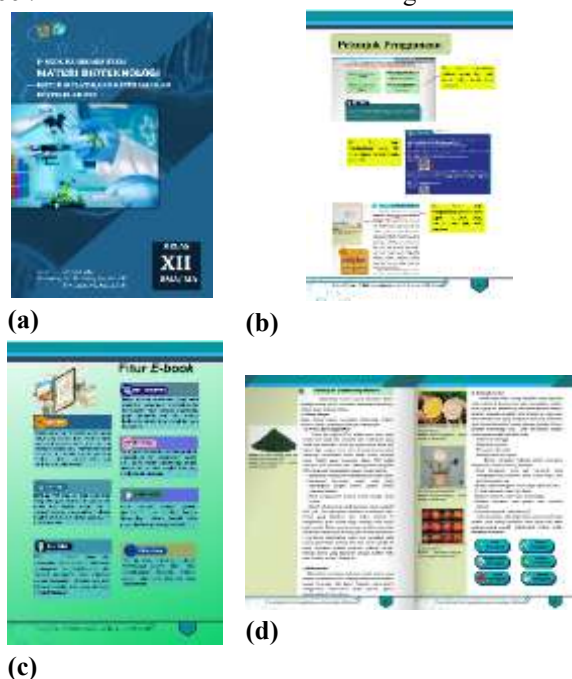
Persentase (%)	Kriteria
25-40	Tidak praktis
41-55	Kurang praktis
56-70	Cukup praktis
71-85	Praktis
86-100	Sangat praktis

(Riduwan, 2013)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk utama dari penelitian pengembangan ini berupa *E-book* yang telah diuji dan terbukti sangat valid serta sangat praktis untuk digunakan sebagai media pembelajaran. Data yang dijadikan dasar penilaian meliputi tingkat keterbacaan, validasi dari para ahli, serta hasil kuesioner yang diisi oleh pengguna. Terdapat tiga subbab utama yang membentuk struktur *E-book*, yaitu mengenai perkembangan bioteknologi, ragam produk yang dihasilkan melalui bioteknologi, serta dampak bioteknologi terhadap kehidupan sehari-hari. Struktur *E-book* disusun dalam tiga bagian besar: bagian pendahuluan, bagian isi, dan bagian penutup. Dari sisi desain, *E-book* dirancang menggunakan format kertas A4 dengan jenis huruf Arial ukuran 12. Konten di dalamnya memuat beragam unsur, seperti teks, gambar, video, serta tautan yang dapat diakses secara daring. Platform Canva dimanfaatkan untuk merancang *E-book*, kemudian dokumen tersebut dikonversi menggunakan aplikasi *Flip PDF Professional* agar pengguna dapat menikmati pengalaman membaca yang interaktif, termasuk fitur membalik halaman. Menurut Watin dan Kustijono (2017), *Flip PDF Professional* merupakan perangkat lunak yang sangat mendukung pembelajaran dan berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai media edukasi yang efektif. Gambar-gambar dalam *E-book* juga dapat diperbesar (pop up) sehingga pengguna dapat mengamati

detail secara lebih jelas. Beberapa tampilan *E-book* berbasis STEM untuk materi bioteknologi diperlihatkan pada ilustrasi berikut. Berikut ialah beberapa tampilan *E-book* berbasis STEM materi bioteknologi:







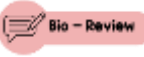
Gambar 1. (a) Tampilan halaman sampul *E-book* (b) Tampilan halaman petunjuk *E-book* (c) sajian fitur-fitur (d) Tampilan layout *E-book*



Unsur-unsur penunjang dalam sebuah *E-book* berperan penting dalam meningkatkan kualitas isi dan efektivitas proses pembelajaran. Pendahuluan, aneka fitur, visualisasi berupa gambar atau ilustrasi, soal-soal latihan, hingga ruang untuk komentar, semuanya diintegrasikan secara harmonis demi mendukung pemahaman materi oleh peserta didik. Selain itu, terdapat pula komponen-komponen yang disusun secara sistematis, seperti halaman sampul, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar video. Tidak hanya itu, menu materi, panduan penggunaan *E-book*, Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar, indikator pembelajaran, peta materi, glosarium, kosakata, hingga daftar pustaka serta fitur tambahan lainnya, seluruhnya diorganisasi secara terstruktur. Penataan seperti ini diharapkan mampu meningkatkan keterlibatan serta pemahaman peserta didik dalam menyerap setiap pokok bahasan yang diberikan (Sadjati, 2018). Dalam implementasinya, *E-book* berbasis STEM tidak hanya menyajikan konten utama, tetapi juga memperkaya pengalaman belajar melalui berbagai unsur pelengkap serta unsur penyempurna. Unsur pelengkap mencakup aktivitas-aktivitas pada fitur penunjang dan tugas yang dapat dikerjakan secara mandiri maupun kelompok, baik di kelas maupun di luar kelas.

Penyempurnaan dilakukan dengan menambah gambar, ilustrasi, dan glosarium yang memudahkan siswa dalam memahami berbagai istilah spesifik (Schader *et al.*, 2008).

E-book berbasis STEM yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang dengan tujuh fitur utama yang secara khusus disusun guna mengasah kemampuan berpikir kritis siswa. Berdasarkan pendapat Facione (2015), berpikir kritis terdiri atas enam indikator utama, meliputi interpretasi, analisis, inferensi, eksplanasi, evaluasi, dan regulasi diri. Seluruh indikator tersebut diakomodasi melalui tujuh fitur penunjang, yaitu Bio Info, STEM Net, Bio Think, STEM Exploration, Bio Review, STEM Reflection, dan STEM Zone. Uraian terperinci mengenai masing-masing fitur, yang seluruhnya berorientasi pada pengembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik melalui penggunaan *E-book*, dipaparkan pada penjelasan berikut:

Tabel 3. Fitur-fitur pendukung *E-book*

Fitur	Penjelasan Fitur	Indikator berpikir kritis yang dimuat
	Bio Info berisikan informasi yang diberikan dalam bacaan singkat, Bio Info juga memuat rincian lebih lanjut. Siswa akan mendapatkan lebih banyak informasi dan pemahaman dari fitur berikut. Informasi tambahan dalam fitur berikut disertai dengan pertanyaan singkat.	Interpretasi
	STEM Net berisikan link ataupun qr code yang akan menghubungkan peserta didik pada video, artikel, ataupun simulasi virtual. Fitur berikut memuat kegiatan menganalisis	Analisis
	Bio Think berisikan tugas ataupun pertanyaan menarik guna melatih kemampuan mengidentifikasi dan menarik kesimpulan ataupun membuat asumsi berdasarkan informasi yang ada.	Inferensi
	STEM Exploration berisikan Eksperimen di bidang STEM memungkinkan siswa mengasah keterampilan mereka dalam menyajikan dan mempertahankan temuan mereka lewat penggunaan ide dan bukti.	Eksplanasi
	Bio Review dipakai guna menguji seberapa baik siswa memahami subjek bioteknologi, Bio Review berisi pertanyaan esai.	Evaluasi

Fitur	Penjelasan Fitur	Indikator berpikir kritis yang dimuat
	STEM Reflection berisikan kegiatan refleksi Kembali pemahaman dan manfaat belajar bioteknologi.	Regulasi diri
	STEM Zone berisikan artikel-artikel yang bisa menginspirasi anak-anak guna menemukan solusi terhadap tantangan dunia nyata	Interpretasi

Validasi E-Book berbasis STEM

Hasil validasi ahli media memperlihatkan bahwasannya hasil ahli materi dan guru Biologi sangat valid. Data hasil validasi bisa dilihat dalam tabel berikut. (Tabel 4.):

Tabel 4. Rekapitulasi hasil validasi *E-book*

No	Aspek yang dinilai	Rata-rata skor peraspek			Rata-rata
		V1	V2	V3	
A. Kelayakan penyajian					
1.	Kelengkapan penyajian	4	3,5	4	3,83
2.	Teknik penyajian	4	3,75	4	3,92
3.	Kualitas teks	2,6	3,67	3,6	3,29
4.	Kualitas layout	4	4	4	4,00
5.	Kualitas gambar	4	3,75	4	3,92
6.	Kualitas warna	4	4	4	4,00
Rata-rata skor kelayakan penyajian					3,83
Skor Validitas					95,83%
Kategori					Sangat valid
B. Kelayakan isi					
1.	Kelueasan dan kebenaran konsep	4	3,5	3,5	3,67
2.	Kemutakhiran	4	4	4	4
3.	Kesesuaian dengan indikator berpikir kritis	4	4	4	4
4.	Kesesuaian STEM dengan komponen	4	4	4	4
Rata-rata skor kelayakan isi					3,92
Skor Validitas					97,92%
Kategori					Sangat valid
C. Kelayakan kebahasaan					
1.	Penggunaan bahasa	3,67	3,67	4	3,78
2.	Struktur bahasa	3,75	3,75	3,75	3,75
3.	Penggunaan istilah	4	3,5	3,5	3,67
Rata-rata skor kelayakan kebahasaan					3,73
Skor Validitas					93,31%
Kategori					Sangat valid

No	Aspek yang dinilai	Rata-rata skor peraspek			Rata-rata
		V1	V2	V3	
Rata-rata Skor Validitas					95,69%
Kategori					Sangat valid

Keterangan : V1: Ahli media, V2: Ahli materi, dan V3 : Guru Biologi MA

Diketahui bahwasannya *E-book* memperoleh skor validasi rata-rata 95,69% dan diklasifikasikan sebagai sangat valid berlandaskan data validasi yang ditunjukkan pada Tabel 4. Hal ini memperlihatkan bahwasannya tampilan, isi, dan bahasa *E-book* termasuk dalam kategori layak. Sebagaimana ditunjukkan pada tabel berikut (Tabel 5), hasil validasi memperlihatkan bahwasannya *E-book* memerlukan beberapa penyesuaian kecil berlandaskan rekomendasi dan masukan dari validator.

Tabel 5. Rekapitulasi hasil perbaikan *E-book*

No.	Saran perbaikan	Perbaikan yang dilaksanakan
1.	Gunakan jenis huruf tidak bersayap, misal Arial.	Mengganti jenis huruf menjadi Arial
2.	<i>hyperlink</i> pada daftar isi perlu dicek kembali sebab terdapat beberapa link yang tidak mengarah langsung ke halaman buku yang dituju	Mengecek kembali <i>hyperlink</i> pada daftar isi dan mengganti <i>hyperlink</i> yang tidak mengarah langsung ke halaman buku yang dituju
3.	Pada Gambar 6. sumber gambar perlu ditulis dengan benar dan jelas	Memperbaiki penulisan sumber gambar pada Gambar 6.
4.	Glosarium perlu dicek kesalahan ketik dan penjelasan arti istilah.	Mengecek kembali glosarium dan membenarkan kesalahan ketik dan penjelasan arti istilah.
5.	Beberapa istilah asing di glosarium belum <i>italic</i>	Mengecek kembali glosarium dan membenarkan penulisannya
6.	Penulisan daftar pustaka tidak konsisten dan kurang selaras kaidah penulisan	Penulisan daftar pustaka harus ditulis selaras dengan aturan APA style.
7.	<i>E-book</i> saat dibaca dengan cara online selalu muncul notifikasi untuk install flipbook.	Mengupload ulang kembali <i>E-book</i> guna menghilangkan notifikasi install flipbook.

Berdasarkan Tabel *E-book* mempunyai skor rata-rata 95,69% engan kategori sangat valid, yang memperlihatkan bahwasannya *E-book* layak dipakai dalam kegiatan pendidika. Pada tahap validasi ini juga bertujuan untuk mendapatkan masukan dari validator guna memperbaiki *E-book*. Puspita (2019) menegaskan bahwasannya masukan dan rekomendasi dari validator bisa menjadi panduan guna menyempurnakan *E-book* yang sudah dikembangkan oleh peneliti.

Dengan skor 95,83%, kelayakan penyajian *E-book* masuk dalam kategori sangat valid. Hal ini memperlihatkan bahwasannya *E-book* sudah dirancang dengan cara yang menarik secara visual dan ramah pengguna. Berlandaskan Wijaya dan Vidiyanti (2020),

pembuatan materi ajar dengan kerangka kerja yang baik dan metodis bisa membantu siswa dalam memahami materi pelajaran.

Aspek kelayakan isi mendapatkan skor 97,92% kategori sangat valid. Keakuratan dan keluasan konsep, kekiniannya, keselarasannya dengan komponen STEM, dan keselarasannya dengan indikasi berpikir kritis ialah faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kelayakan isi. Dengan persentase 91,75% dalam kategori sangat valid, akurasi dan keluasan konsep mencapai skor rata-rata 3,67. Hasil tersebut menunjukkan bahwasannya komponen konten materi selaras dengan tujuan pembelajaran, indikator, dan pokok bahasan. Aspek kemutakhiran memperoleh skor 4 dengan persentase 100% kategori sangat valid, hasil tersebut memperlihatkan bahwasannya komponen konten materi selaras dengan kemajuan ilmu biologi. Dengan kategori sangat valid, keselarasan dengan indikasi berpikir kritis mendapatkan skor 100%. Hal berikut memperlihatkan bagaimana *E-book* sudah dimodifikasi guna memasukkan indikasi berpikir kritis seperti interpretasi, analisis, inferensi, penjelasan, dan asesmen ke dalam fitur-fiturnya. Dengan skor rata-rata 4 dan persentase 100% dalam kategori sangat valid, keselarasan dengan STEM memperlihatkan bahwasannya penyusunan *E-book* sudah diselaraskan dengan komponen STEM, sebagaimana dibuktikan dengan dimasukkannya fitur-fitur yang menggabungkan unsur *Saince, Technology, Engineering, Mathematic*.

Aspek kebahasaan memperoleh skor 93,31% kategori sangat valid. Hasil tersebut memperlihatkan bahwasannya bahasa *E-book* selaras dengan tingkat kemampuan siswa dan selaras dengan Pedoman Umum Ejaan Bahasa Indonesia (PUEBI). Lestari & Muchlis (2021) menyatakan bahwasannya guna mengurangi kesalahpahaman antara pendidik dan peserta didik, bahasa *E-book* harus disusun selaras dengan PUEBI dan mengandung frasa yang sederhana dan mudah dipahami.

Kepraktisan *E-book* Berbasis STEM

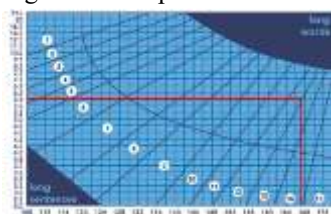
Metode pengujian pada tahap selanjutnya dilakukan untuk memperoleh data empiris mengenai kepraktisan *E-book* berbasis STEM melalui dua indikator utama, yaitu keterbacaan teks dan respons siswa terhadap produk tersebut. Sebelum dilakukan pengujian, *E-book* telah melalui proses validasi oleh pakar serta dilakukan penyesuaian minor untuk menyempurnakan isinya. Penilaian keterbacaan menjadi tolok ukur untuk mengetahui sejauh mana tingkat kemudahan teks dipahami oleh peserta didik, sehingga mereka dapat mencerna serta menginternalisasi materi yang disampaikan. Berdasarkan hasil analisis keterbacaan yang

dituangkan pada Tabel 6, dapat diidentifikasi tingkat membaca siswa terhadap *E-book* yang diuji.

Tabel 6. Hasil uji keterbacaan *E-book*

Sampel	Σ Kalimat	Σ Suku Kata	Level
Halaman 3	6,7	$275 \times 0,6 = 165$	12
Halaman 14	6	$282 \times 0,6 = 169,2$	12
Halaman 32	5,3	$279 \times 0,6 = 167,4$	12
Rata-rata	6,0	167,2	12

Pelaksanaan analisis keterbacaan terhadap *E-book* diawali dengan pemilihan sejumlah teks sebagai sampel yang selanjutnya dianalisis menggunakan Formulasi Fry, sebagaimana dijelaskan oleh Susantini dkk. (2021). Berdasarkan informasi yang tercantum pada Tabel 6, seluruh contoh wacana yang diuji memperlihatkan hasil keterbacaan pada tingkatan 12. Penetapan level keterbacaan ini dilakukan melalui perhitungan berdasarkan irisan antara jumlah kalimat dan total suku kata yang dikalikan 0,6 pada setiap 100 kata yang diuji. Visualisasi hasil analisis keterbacaan untuk ketiga sampel dapat ditemukan pada Gambar 2, di mana grafik Fry digunakan sebagai alat interpretasi data.

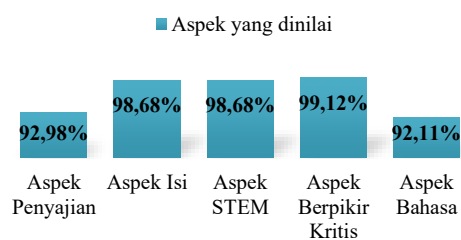


Gambar 2. Hasil uji keterbacaan berlandaskan grafik FRY

Implementasi grafik Fry pada proses penilaian keterbacaan menghadirkan kesempatan bagi peneliti untuk menilai tingkat kecocokan sebuah teks berdasarkan kerumitan kosakata serta struktur kalimat yang digunakan. Berdasarkan hasil analisis, *E-book* dinyatakan sangat sesuai untuk peserta didik pada jenjang SMA/MA kelas XII, selaras dengan temuan tingkat keterbacaan pada level 12 yang diperoleh dari seluruh sampel. Grafik Fry (Gambar 2) menunjukkan bahwa rata-rata jumlah kalimat mencapai 6,0, sedangkan rata-rata jumlah suku kata sebanyak 167,2 pada setiap 100 kata, yang seluruhnya memenuhi syarat untuk kategori level 12. Semakin tinggi jumlah suku kata dalam suatu wacana, maka kemampuan membaca yang diperlukan pun semakin tinggi (Azizah & Budijastuti, 2020). Pernyataan ini sejalan dengan pandangan Himala dkk. (2016), yang mengungkapkan bahwa jika peserta didik mampu memahami bacaan beserta strukturnya sesuai jenjang pendidikan, maka media ajar yang dipilih dianggap telah memenuhi kelayakan. Dengan demikian, *E-book* hasil pengembangan ini dapat dinyatakan secara empiris

memenuhi kriteria sebagai bahan ajar pada tingkat SMA kelas XII.

Data Respon Peserta Didik



Gambar 3. Diagram rekapitulasi hasil angket respon positif

Berdasarkan hasil survei melalui angket, *E-book* yang telah dikembangkan dinyatakan sangat praktis untuk diterapkan dalam kegiatan pembelajaran. Rata-rata tingkat kepraktisan yang diperoleh mencapai 96,31%, sehingga masuk dalam kategori sangat praktis. Peran guru dalam menciptakan dan memanfaatkan sumber belajar digital seperti *E-book* sangat menentukan keberhasilan pengelolaan lingkungan kelas yang efektif (Nyeneng & Suana, 2018). *E-book* yang menarik dinilai mampu meningkatkan minat serta motivasi belajar siswa, sehingga peserta didik lebih antusias dan terdorong untuk mendalami materi yang disajikan. Dalam survei ini, peserta didik memberikan penilaian terhadap kegunaan *E-book* sebagai media pembelajaran.

Peserta didik mencatatkan rata-rata respons positif sebesar 92,98% terhadap tampilan dan penyajian *E-book*, yang dikategorikan sangat praktis. Untuk memperkaya pengalaman belajar, *E-book* ini dilengkapi dengan fitur interaktif seperti tautan ke internet, video daring dan luring, serta gambar yang dapat diperbesar atau dipaparkan melalui tampilan pop-up. Selain itu, fitur pembalik halaman yang disertai efek suara menyerupai buku asli turut menambah pengalaman visual dan auditif bagi pengguna (Faradiba & Rachmadiarti, 2020). Penyajian yang melibatkan fenomena, ilustrasi, gambar, video, tautan, dan berbagai elemen pendukung lainnya akan memperkaya pemahaman serta menarik minat siswa (Rosida, 2017).

Dari aspek isi materi, *E-book* memperoleh rata-rata respon positif sebesar 98,68%, yang juga termasuk kategori sangat praktis. Data ini menunjukkan bahwa *E-book* membantu peserta didik dalam memahami konsep dengan penyajian materi yang ringkas dan jelas. Materi yang menarik dapat menumbuhkan motivasi siswa untuk menggali hal-hal baru selama proses pembelajaran (Nurrita, 2018).

Pada bagian studi STEM, peserta didik memberikan umpan balik positif dengan rata-rata sebesar 98,68%. Hal ini menandakan bahwa pendekatan STEM dalam *E-book* mampu menstimulasi motivasi belajar peserta didik. Menurut Stolk dkk. (2021), pembelajaran berbasis STEM dapat mendorong semangat belajar siswa. Pendekatan STEM sendiri menggabungkan empat disiplin akademik utama yang terintegrasi dan berkontribusi dalam menyelesaikan permasalahan nyata di masyarakat (Torlakson, 2014).

Komponen berpikir kritis dalam *E-book* memperoleh rata-rata respons positif sebesar 99,12%. Hasil ini menunjukkan *E-book* yang dikembangkan mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa, antara lain dalam hal pengaturan diri, interpretasi, inferensi, analisis, dan penjelasan. Susantini dkk. (2012) menekankan pentingnya kemampuan bernalar untuk menentukan solusi yang paling efektif, sebagai ciri utama keterampilan berpikir kritis. Beragam elemen berperan dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis, salah satunya adalah struktur berpikir individu.

Pada aspek kebahasaan, peserta didik memberikan rata-rata respons positif sebesar 92,11%. Kategori ini menunjukkan bahwa *E-book* sangat praktis dari sisi kebahasaan. Berdasarkan pendapat Bahrudin (2016), keterbacaan, minat, serta potensi pengembangan keterampilan berbahasa merupakan faktor penting yang mempengaruhi pemahaman siswa terhadap materi bacaan.

Keunggulan utama *E-book* terletak pada ragam fitur inovatif yang mampu meningkatkan daya tariknya sebagai sumber belajar daring. Fitur-fitur seperti video pembelajaran, gambar interaktif, tautan ke sumber-sumber digital eksternal, serta permainan berbasis daring memungkinkan peserta didik memperluas wawasan. Selain itu, terdapat fasilitas pengumpulan tugas melalui surel serta lembar jawaban daring, yang memberikan kemudahan bagi siswa dan guru dalam pelaksanaan pembelajaran. Ketersediaan akses melalui perangkat komputer, laptop, maupun ponsel pintar menjadikan *E-book* sebagai solusi pembelajaran yang adaptif, baik secara daring maupun luring.

PENUTUP

Simpulan

Penelitian yang telah dilaksanakan terkait pengembangan *E-Book* berbasis *Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM)* untuk melatih kemampuan berpikir kritis siswa pada topik bioteknologi menunjukkan hasil yang sangat memuaskan. Validitas *E-Book* dinyatakan sangat tinggi dengan capaian persentase

skor validitas rata-rata sebesar 95,69%. Penilaian validitas tersebut mencakup aspek kelayakan penyajian, kelengkapan isi, dan penggunaan bahasa yang sesuai kaidah. Penilaian kepraktisan juga menegaskan bahwa *E-Book* yang dikembangkan dapat dengan mudah dipahami oleh siswa kelas XII SMA, sebagaimana dibuktikan melalui tingkat keterbacaan yang berada pada level 12. Selain itu, tanggapan peserta didik terhadap penggunaan *E-book* sangat positif, dengan rerata respon mencapai 92,98% dan masuk dalam kategori sangat praktis. Hasil-hasil ini mengindikasikan bahwa *E-book* berbasis STEM layak digunakan sebagai salah satu alternatif media pembelajaran inovatif pada materi bioteknologi guna meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Saran

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan, khususnya pada aspek pengukuran efektivitas penggunaan *E-book* berbasis STEM secara lebih mendalam dalam proses pembelajaran. Oleh sebab itu, sangat dianjurkan agar dilakukan riset lanjutan yang difokuskan pada evaluasi efektivitas *E-book* tersebut dalam meningkatkan hasil belajar siswa. Selain itu, pengembangan materi ajar lain yang menerapkan pendekatan STEM sangat direkomendasikan, mengingat banyaknya tanggapan positif yang diberikan oleh para peserta didik. Langkah tersebut diharapkan dapat memperkaya variasi bahan ajar digital serta mendukung peningkatan mutu pembelajaran di sekolah.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan apresiasi dan rasa terima kasih yang mendalam kepada para dosen validator, yaitu Guntur Trimulyono, S.Si., M.Sc., Dr. Muji Sri Prastiwi, S.Pd., M.Pd., serta guru validator, Himatul Choirah, S.Pd., atas saran, masukan, dan arahan yang sangat berharga selama proses pengembangan *E-Book*. Penghargaan juga diberikan kepada seluruh siswa IPA 1 MA Unggulan Al-Falah yang telah berpartisipasi secara aktif dan memberikan umpan balik positif terkait implementasi *E-Book* dalam pembelajaran bioteknologi. Dukungan, keterlibatan, serta kontribusi semua pihak telah memberikan dampak signifikan dalam keberhasilan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Aisyah, A., Jaenudin, R., & Koryati, D. (2018). Analisis Faktor Penyebab Rendahnya Hasil Belajar Peserta Didik pada Mata Pelajaran Ekonomi di SMA Negeri 15 Palembang. *Jurnal Profit: Kajian Pendidikan Ekonomi dan Ilmu Ekonomi*, 4(1), 1–11.

- Amin, L., Azlan, N. A. A., Hamdan, M. F., Samian, A. L., & Haron, M. S. (2011). Awareness and Knowledge on Modern Biotechnology. *African Journal of Biotechnology*, 10(58), 12448–12456.
- Armstrong, C. (2013). Books In A Virtual World: The Evolution of The E-book and Its Lexicon. *Journal of Librarianship and Information Science*, 40(3), 193–206.
- Ennis, R. (2011). Critical Thinking: Reflection and Perspective Part II. *Inquiry: Critical Thinking Across The Disciplines*, 26(2), 5–19.
- Erdogan, I., & Ciftci, A. (2017). Investigating the Views of Pre-Service Science Teachers on STEM Education Practices. *International Journal of Environmental and Science Education*, 12(5), 1055–1065.
- Facione, P. A. (2011). Critical Thinking: What It Is and Why It Counts? *Insight assessment*, 1(1), 1–23.
- Faradiba, D. F., & Rachmadiarti, F. (2020). Kelayakan Teoritis E-Book Interaktif Materi Ekosistem untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas X SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 9(2), 179–185.
- UNESA. 2000. *Pedoman Penulisan Artikel Jurnal*, Surabaya: Lembaga Penelitian Universitas Negeri Surabaya.
- Aisyah, A., Jaenudin, R., & Koryati, D. (2018). Analisis Faktor Penyebab Rendahnya Hasil Belajar Peserta Didik Pada Mata Pelajaran Ekonomi di SMA Negeri 15 Palembang. *Jurnal Profit: Kajian Pendidikan Ekonomi Dan Ilmu Ekonomi*, 4(1), 1–11.
- Amin, L., Azlan, N. A. A., Hamdan, M. F., Samian, A. L., & Haron, M. S. (2011). Awareness And Knowledge On Modern Biotechnology. *African Journal of Biotechnology*, 10(58), 12448–12456.
- Armstrong, C. (2013). Books In A Virtual World: The Evolution Of The E-book And Its Lexicon. *Journal of Librarianship and Information Science*, 40(3), 193–206.
- Astuti, N. H., Rusilowati, A., & Subali, B. (2021). Stem-based Learning Analysis to Improve Students' Problem-Solving Abilities in Science Subjects: A Literature Review. *Journal of Innovative Science Education*, 10(1), 79–86.
- Bahrudin, D. V. Y. (2016). The Effect of Textbook Readability on Students' Reading Comprehension. *Wacana Didaktika*, 4(1), 42–54.
- Becker, K. H., & Park, K. (2011). Integrative Approaches Among Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Subjects on Students' Learning: A Meta-analysis. *Journal of STEM education: Innovations and research*, 12(5), 23–37.
- BNSP. (2014). *Pedoman Penilaian Buku Ajar*. Jakarta: Departemen Pendidikan & Kebudayaan.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM Education? *Science*, 329(5995), 996–997.
- Faradiba, D. F., & Rachmadiarti, F. (2020). Kelayakan Teoritis E-Book Interaktif Materi Ekosistem untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas X SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 9(2), 179–185.
- Fuad, N. (2016). *Mengenai Ebook dan Bagaimana Membacanya di Perangkat Android dan PC: Berbagai Pilihan Ebook Store dan Cara Membeli Ebook, serta Mengatasi Batasan Tertentu dalam Membaca Ebook*. Jakarta: Google Books.
- Haris, D. (2011). *Panduan Lengkap E-Book*. Yogyakarta: Cakrawala.
- Harjasujana, A. S., & Mulyati, Y. (1996). *Membaca 2*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Jaya, I., & Ardat, A. (2013). *Penerapan Statistik untuk Pendidikan*. Bandung: Citapustaka Media Perintis.
- Kemendikbud RI. (2013). *Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 69 Tahun 2013 tentang Kerangka Dasar dan Struktur Kurikulum Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah*. Jakarta: Kemendikbud RI.
- Kemendikbud RI. (2016a). *Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 8 Tahun 2016 Tentang Buku yang Digunakan Oleh Satuan Pendidikan*. Jakarta: Kemendikbud RI.
- Kemendikbud RI. (2016b). *Permendikbud No. 20 Tahun 2016 tentang Standar Kompetensi Lulusan Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Kemendikbud RI.
- Kemendikbud RI. (2018). *Pembelajaran 11: Bioteknologi*. Jakarta: Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi RI.
- Krisna, F. N., Sisdiana, E., Rakhmah, D. N., Susanto, A. B., & Wasposito, R. M. (2019). *Kesiapan Guru Mengadaptasi Pembelajaran STEM pada Implementasi Kurikulum 2013*. Jakarta: Pusat Penelitian Kebijakan Pendidikan dan Kebudayaan.
- Moreland, J., Jones, A., & Cowie, B. (2006). Developing Pedagogical Content Knowledge for the New Sciences: The Example of Biotechnology. *Teaching Education*, 17(2), 143–155.
- Munadi, Y. (2013). *Media Pembelajaran: Sebuah Pendekatan Baru*. Jakarta: GP Press Group.
- Nurdin, A. (2015). *Penerapan E-book Interaktif untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Pokok Bahasan Pencemaran dan Perubahan*

- Lingkungan di Kelas X Sma Negeri 1 Waled. Cirebon: Skripsi, IAIN Syekh Nurjati Cirebon.
- Nurhayati, N., Angraeni, L., & Wahyudi, W. (2019). Pengaruh Model *Problem Based Learning*, Kemampuan Berpikir Kritis terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi. *Edusains*, 11(1), 12–20.
- Nurrita, T. (2018). Pengembangan Media Pembelajaran Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal misykat*, 3(1), 171–187.
- Nyeneng, I. D. P., & Suana, W. (2018). Pengembangan Perangkat *Flipped Classroom* pada Mata Pelajaran Fisika SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 6(2), 159–174.
- OECD. (2019). Programme for International Student Assessment (PISA) Results in Focus (Excellence And Equility In Education. Diambil 27 Maret 2024, dari <https://www.oecd.org>
- Permanasari, A. (2016). STEM Education: Inovasi dalam Pembelajaran Sains. *Prosiding SNPS (Seminar Nasional Pendidikan Sains)*, 3(1), 23–34.
- Pfeiffer, S. I. (2013). Lessons Learned From Working With High-ability Students. *Gifted Education International*, 29(1), 86–97.
- Puspitadewi, S. (2014). Profil LKS Materi Perubahan Lingkungan Berorientasi Kurikulum 2013 untuk Melatihkan Berpikir Kritis Siswa. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 3(2), 352–357.
- Putra, R. A., & Dewi, R. M. (2021). Pengembangan Media E-Book Interaktif pada Sub Materi Permintaan, Penawaran, dan Harga Keseimbangan. *Jurnal Pendidikan Ekonomi (JUPE)*, 1(1), 1–7.
- Rahmawati, A. (2016). Pengembangan Modul Kimia Dasar Berbasis *Multipel Level* Representasi untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa. *Phenomenon: Jurnal Pendidikan MIPA*, 5(2), 5–18.
- Riduwan, A. (2018). *Dasar-Dasar Statistika*. Bandung: Alfabeta.
- Ritonga, S., & Zulkarnaini, Z. (2021). Penerapan Pendekatan STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Studi Guru dan Pembelajaran*, 4(1), 75–81.
- Rosida, R., Fadiawati, N., & Jalmo, T. (2017). Efektivitas Penggunaan Bahan Ajar E-book Interaktif dalam Menumbuhkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pembelajaran Fisika Universitas Lampung*, 5(1), 35–45.
- Rosmawati, W. (2023). Efektifitas Penggunaan E-Book untuk Melatih Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Didaktika Pendidikan Dasar*, 7(3), 979–1002.
- Sanders, M. E. (2012). *Integrative STEM Education As Best Practice*. Queensland: Griffith Institute for Educational Research.
- Sanders, M., Hyuksoo, K., Kyungsuk, P., & Hyonyong, L. (2011). Integrative STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Education: Contemporary Trends and Issues. *Secondary Education*, 59(1), 729–762.
- Smaldino, S. E., Lowther, D. L., & Russell, J. D. (2012). *Instructional Technology and Media for Learning*. London: Pearson.
- Stolk, J. D., Gross, M. D., & Zastavker, Y. V. (2021). Motivation, Pedagogy, and Gender: Examining the Multifaceted and Dynamic Situational Responses of Women and Men in College STEM Courses. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 1–9.
- Suarsana, M., & Mahayukti, G. A. (2013). Development Of Problem-solving Oriented E-Modules To Improve Students' Critical Thinking Skills. *Indonesian Education Journal*, 2(2), 1–9.
- Sugiyarti, L., Arif, A., & Mursalin, M. (2018). Pembelajaran Abad 21 di Sekolah Dasar. *Prosiding Seminar dan Diskusi Pendidikan Dasar*, 1(1), 439–444.
- Susantini, E, Thamrin, M. H., & Lisdiana, L. (2012). Pengembangan Petunjuk Praktikum Genetika untuk Melatih Keterampilan Berpikir Kritis. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 1(2), 102–108.
- Susantini, Endang. (2010). Efektivitas Perangkat Pembelajaran Biologi Berbasis Strategi Metakognitif Ditinjau dari Kemampuan Siswa dan Kategori Sekolah. *Prosiding Seminar Biologi*, 7(1), 1–9.
- Susantini, Endang, Puspitawati, R. P., Raharjo, & Suaidah, H. L. (2021). E-book of Metacognitive Learning Strategies: Design and Implementation to Activate Students Self Regulation. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 16(1), 1–17.
- Sutarno, S. (2016). Rekayasa Genetik dan Perkembangan Bioteknologi di Bidang Peternakan. *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning*, 13(1), 23–27.
- TIM BSNP. (2006). *Panduan Penyusunan KTSP*. Jakarta: Departemen Pendidikan & Kebudayaan.
- Torlakson, T. (2014). *Innovate: A Blueprint For Science, Technology, Engineering, and Mathematics in California Public Education*. California: State Superintendent of Education.
- Verma, A. S., Agrahari, S., Rastogi, S., & Singh, A. (2011). Biotechnology In The Realm Of History.

Journal of pharmacy and bioallied sciences, 3(3),
321–323.