
PENGEMBANGAN E-BOOKLET TERINTEGRASI STEM PADA MATERI POLA HEREDITAS DAN EFEKTIVITASNYA TERHADAP HASIL BELAJAR KOGNITIF SISWA SMA

Keren Hapukh Br Tarigan^{1*}
Evita Anggereini²
Lely Mardiyanti³

^{1,2,3} Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Jambi
E-mail: kerentarigan989@gmail.com¹, evita.anggereini@unja.ac.id²,
lelymardiyanti@unja.ac.id³

Abstract: *E-booklet is a teaching material that contains multimedia that presented concisely and accessible online. The purpose of this research is to determine the validity, practicality, and effectiveness of an inheritance pattern e-booklet STEM integrated. This research is a type of Research and Development (R&D) using the ASSURE model. The product trial subjects were XII F1 (8 students) and XII F2 (36 students) at SMA N 2 Kota Jambi. The data collection instruments used included expert validation questionnaires, student and teacher response questionnaires, and pretest-posttests to measure students' cognitive learning outcomes. The e-booklet was declared valid and feasible to be tested, with validation from material experts of 97% and validation from teaching material experts of 92.5%. The e-booklet was also considered practical and useful for users, with a practicality percentage of 98% from biology subject teachers, 96% from small groups, and 98% from large groups. The e-booklet effectively improved students' cognitive learning outcomes, with a Cohen d effect size of 3.36, indicating a large effect at the cognitive level of C6.*

Kata Kunci: Bahan Ajar, E-Booklet, Hasil Belajar Kognitif, Pola Hereditas, Research and Development, STEM

PENDAHULUAN

Proses pembelajaran memiliki peran penting dalam mencapai tujuan pendidikan yang telah ditetapkan dalam kurikulum nasional. Pembelajaran adalah suatu proses yang terdiri dari berbagai unsur yang saling berkaitan. Unsur-unsur tersebut mencakup tujuan pembelajaran, isi materi, pendekatan dan metode yang digunakan, media pendukung, pengelolaan kelas, evaluasi hasil belajar, serta langkah-langkah lanjutan setelah pembelajaran berlangsung (Ariyanto dkk., 2018). Berbagai faktor dapat mempengaruhi kualitas belajar siswa (Hera, 2017). Keberhasilan proses pembelajaran dapat dilihat dari perubahan yang dialami siswa setelah mengikuti kegiatan belajar. Hasil belajar adalah kemampuan yang diperoleh siswa dari

kegiatan proses belajar atau latihan-latihan yang ditunjukkan dengan adanya perubahan tingkah laku sebagai hasil dari pengalaman belajarnya (Wicaksono & Iswan, 2019).

Hasil belajar kognitif siswa pada kelas XII F2 di SMA Negeri 2 Kota Jambi menginformasikan sebesar 35% berada di kriteria rendah dan 34% siswa hasil belajar kognitifnya sedang. Sehingga sebanyak 69% siswa kelas XII masih dapat dioptimalkan hasil belajar kognitifnya. Selengkapnya, disajikan pada gambar 1.1. Analisis lebih lanjut memperlihatkan skor rerata pada tiap level kognitif mengetahui (C1=84), memahami (C2=87,5), mengaplikasikan (C3=55), menganalisis (C4=65), mengevaluasi (C5=34), dan membuat (C6=31,25).

Ketercapaian hasil belajar kognitif siswa dipengaruhi oleh berbagai faktor. Salah satu dari faktor-faktor yang mempengaruhi proses pembelajaran, khususnya hasil belajar kognitif, ialah desain program. Hasil survei terhadap 141 lulusan SMA N 2 Kota Jambi yang telah melalui pembelajaran biologi menginformasikan, materi yang dianggap sulit pada kelas XII fase F adalah pola-pola hereditas. Hal tersebut mayoritas disebabkan oleh sulitnya siswa dalam mengakses bahan untuk belajar.

Siswa menginginkan bahan ajar yang ringkas dan padat serta lengkap dengan contoh dan gambar. Gaya belajar mayoritas siswa adalah belajar mayoritas siswa adalah membaca dan mendengar. Bahan ajar adalah perangkat pembelajaran yang mengandung materi, metode, serta kegiatan untuk mengevaluasi kemampuan siswa yang disusun terstruktur dan dikemas menarik (Rohmah dkk., 2025).

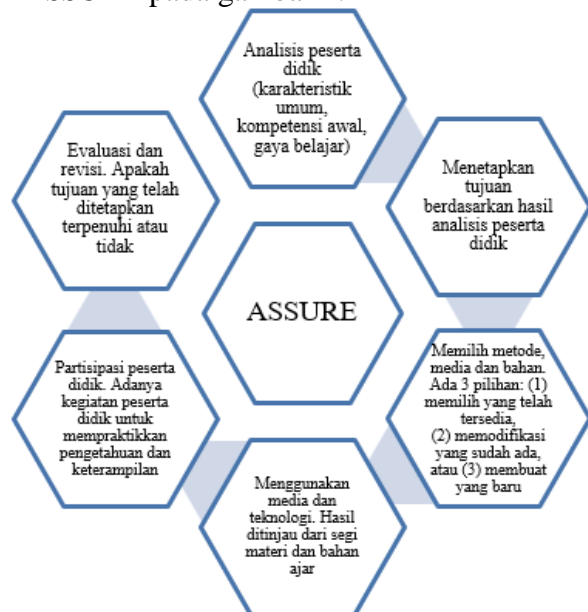
Pendekatan *STEM* (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) memberikan dampak positif bagi proses pembelajaran biologi. Penelitian oleh Febriyanto & Anggraito (2023) menginformasikan pendekatan *STEM* dapat meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa, terutama dalam mata pelajaran sains. Adapun penelitian Syarah dkk., (2021) menganalisis penerapan pendekatan *STEM* dalam pembelajaran biologi dan menemukan bahwa pendekatan ini dapat meningkatkan hasil belajar. Pembelajaran berbasis *STEM* juga menunjukkan peningkatan literasi teknologi (Luthfiyani dkk., 2019).

Berdasarkan hal tersebut maka penggunaan pendekatan *STEM* dalam pembelajaran biologi dapat diintegrasikan pada bahan ajar berupa *e-booklet* pada materi pola hereditas untuk siswa SMA. Oleh karena itu,

pengembangan bahan ajar berupa *e-booklet* yang terintegrasi *STEM* pada materi pola hereditas penting untuk dilakukan dalam meningkatkan hasil belajar kognitif siswa.

METODE

Penelitian ini dirancang sebagai penelitian riset dan pengembangan atau *Research and Development (R&D)* menggunakan model pengembangan *ASSURE* yang mengintegrasikan teknologi pada media dan bahan ajar (Smaldino dkk., 2014). Berikut ini disajikan alur pengembangan model *ASSURE* pada gambar 1.



Gambar 1. Alur Pengembangan ASSURE
Sumber: Diadaptasi dari Smaldino dkk. (2014)

Analisis Data Kelayakan, Kepraktisan, dan Keefektifan

Kelayakan *e-booklet* dilihat dari hasil angket validasi ahli materi dan ahli bahan ajar. Kepraktisan *e-booklet* dilihat dari hasil angket respon oleh siswa dan guru. Sedangkan, keefektifan *e-booklet* terhadap hasil belajar kognitif siswa diukur menggunakan *pretest-posttest* yang terdiri atas 10 butir soal mewakili tiap level kognitif yang telah diuji validitasnya. Teknik analisis data

dari angket validasi serta angket kepraktisan pada penelitian ini menggunakan analisis deskriptif kualitatif dengan skor skala Likert sebagai data kuantitatif. Rumus yang digunakan untuk menghitung persentase nilai dengan skala likert oleh Riduwan & Akdon (2020) adalah sebagai berikut:

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{\text{Total Skor Keseluruhan}}{\text{Total Skor Maksimal}} \times 100\%$$

Dengan kategori kelayakan dan kepraktisan disajikan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kategori Hasil Kelayakan dan Kepraktisan

Persentase	Kategori
01,00%-50%	Sangat Tidak Layak/ Sangat Tidak Praktis
50,01%-70%	Kurang Layak/ Kurang Praktis
70,01%-85%	Cukup Layak/ Cukup Praktis
85,01%-100%	Sangat Layak/ Sangat Praktis

Sumber: (Akbar, 2017).

Keefektifan *e-booklet* terhadap hasil belajar kognitif diukur menggunakan uji t-berpasangan dan

Tabel 3. Tampilan Komponen *E-Booklet*

dilihat *effect size* menggunakan *Cohen's d* dengan kategori sebagai berikut.

Tabel 2. Kategori *Effect Size Cohen's d*

<i>Effect Size</i>	Kategori
<i>Cohen's d</i> < 0.2	Kecil
$0.2 \leq \text{Cohen's } d < 0.8$	Sedang
<i>Cohen's d</i> > 0.8	Besar

Sumber: (Ellis, 2010).

Analisis data untuk setiap tingkatan kognitif menggunakan rumus oleh Riduwan (2015) sebagai berikut.

$$P = \frac{F}{N} \times 100$$

Keterangan:

P = Rata-rata

F = Total skor penilaian

N = Skor maksimum

HASIL

Hasil pengembangan pada penelitian ialah produk *e-booklet* terintegrasi *STEM* pada materi pola hereditas untuk siswa SMA yang layak, praktis, dan efektif. *E-booklet* terdiri atas 3 komponen yaitu: 1) pendahuluan, 2) isi, dan 3) penutup. Adapun tampilan *e-booklet* disajikan pada tabel 3.

Gambar	Keterangan
Pendahuluan	
	Sampul

PETUNJUK PENGGUNAAN	
PETUNJUK GURU	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pastikan perangkat terhubung ke internet untuk mengakses fitur-fitur yang ada. 2. Siapkan perangkat pendukung (laptop dan proyektor) jika ingin menampilkan e-booklet di kelas. 3. Intruksikan siswa untuk membaca petunjuk penggunaan terlebih dahulu. 4. Berikan kesempatan kepada siswa untuk membaca e-booklet secara mandiri. 	Petunjuk Penggunaan
PETUNJUK SISWA	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Baca setiap materi dengan seksama sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya. 2. Manfaatkan teknologi seperti simulasi online atau video pembelajaran yang terdapat untuk mempelajari konsep. 3. Pindai QR-Code pada setiap bagian untuk mendapatkan materi tambahan. 4. Isilah langkah-langkah yang disediakan dalam bagian eksperimen terintegrasi STEM. 5. Jawablah pertanyaan reflektif yang tersedia setelah membaca dan melakukan eksperimen. 	
Klik logo YouTube untuk melihat video pembelajaran tambahan. Klik untuk ke WhatsApp kelompok. Klik untuk ke formulir soal/kuis. Klik untuk ke Padlet ruang diskusi. Klik untuk simulasi virtual.	

KATA PENGANTAR	
<p>Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan bahan ajar "E-Booklet Terintegrasi STEM pada Materi Pola Hereditas" untuk siswa kelas XII Fase F. Bahan ajar ini hadir sebagai upaya untuk memberikan inovasi dalam pembelajaran biologi, khususnya pada topik pola hereditas, dengan pendekatan interdisipliner STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics).</p> <p>Pembelajaran terintegrasi STEM memberikan pemahaman konseptual tentang penerapan silet yang menghubungkan konsep tersebut dengan penerapan praktis dalam kehidupan sehari-hari serta melibatkan kemajuan teknologi yang dikenal dalam bentuk e-booklet.</p> <p>Kami menyadari bahwa dalam penyusunan e-booklet ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan masukan dan kritik yang membangun demi penyempurnaan bahan ajar ini di masa mendatang. Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan buku ini, baik secara langsung maupun tidak langsung.</p> <p style="text-align: right;">Jambi, Januari 2025 Penyusun</p>	Kata Pengantar

Gambar	Keterangan
	Kerangka STEM

DAFTAR ISI	
PENDAHULUAN	
Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Petunjuk Penggunaan	iii
Kerangka STEM	iv
ISI	
A. HUKUM MENDEL	
1. Hukum Mendel I	1
1.1 Eksperimen Persilangan Monohybrid	2
2. Hukum Mendel II	6
2.1 Eksperimen Persilangan Dihibrid	8
B. Penyimpangan Sempu Hukum Mendel	
1. Epistasis-Hipostasis	12
2. Kriptomeri	13
3. Atavisme	13
4. Polimeri	14
5. Gen Komplementer	14
PENUTUP	
Daftar Rujukan	15
Profil Pengembang	16

Isi	
1. HUKUM MENDEL I	
Hukum Mendel I (Crossing Bees), mengaitkan:	
<p>"Pada peristiwa pembastarian gamet, sepotong dari satu betina dan satu jantan memiliki segresi satu set kromosom." Mendel (1865)</p> <p>Setiap individu memiliki dua alel untuk setiap sifat, satu dari setiap orang tua. Selama pembastarian gamet (Germes dan sel telur), alel-alel ini dipisahkan sehingga setiap gamet hanya membawa satu alel untuk setiap sifat. Ketika fertilisasi terjadi, alel dari kedua orang tua bergabung, sehingga keturunannya memiliki sepasang alel untuk setiap sifat. Hukum ini terjadi pada persilangan monohybrid.</p>	
</	

Tabel 4. Hasil Validasi Materi

Pernyataan*	Validasi Ke-	
	1	2
Kelayakan Isi		
Kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran	3	4
Kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran	3	4
Kesesuaian materi dengan ATP	2	3
Kejelasan keseluruhan materi yang tersaji	2	4
Kemutakhiran materi yang tersaji	2	4
Isi materi mampu merangsang keingintahuan siswa	3	4
Keakuratan Materi		
Keakuratan materi Hukum Mendel	2	4
Keakuratan materi Penyimpangan Semu Hukum Mendel	3	4
Keakuratan integrasi komponen <i>Science</i>	2	4
Keakuratan integrasi komponen <i>Technology</i>	3	4
Keakuratan integrasi komponen <i>Engineering</i>	2	4
Keakuratan integrasi komponen <i>Mathematics</i>	2	4
Kelayakan Bahasa		
Keefektifan struktur kalimat pada <i>e-booklet</i>	2	3
Kesesuaian bahasa yang digunakan pada media ini dengan kaidah kebahasaan	3	4
Kesesuaian bahasa yang digunakan pada media ini dengan tingkat pemahaman siswa	2	4
Jumlah Skor Penilaian	36	58
Jumlah Skor Maksimum	60	60
Rata-rata (%)	60	97
Kategori	Layak diujicobakan	

*Sumber: Diadaptasi, Zunaidah & Amin (2016)

Tabel 5. Hasil Validasi Bahan Ajar

Pernyataan*	Validasi Ke-	
	1	2
Kelayakan Isi		
Cakupan materi pada <i>e-booklet</i>	4	4
Kemutakhiran <i>e-booklet</i> sesuai perkembangan zaman	3	3
Wawasan produktivitas pada <i>e-booklet</i>	3	4
<i>E-booklet</i> mampu merangsang keingintahuan siswa	4	4
Komponen Penyajian		
Daya tarik penyajian <i>e-booklet</i>	3	4
Pendukung penyajian seperti fakta menarik pada <i>e-booklet</i>	4	4
Urutan penyajian pada <i>e-booklet</i>	3	4
Komponen Kebahasaan		
Pemilihan kata dan susunan kalimat bagi pemahaman siswa pada <i>e-booklet</i>	3	4
Bahasa pada <i>e-booklet</i> komunikatif	3	4
Kelugasan bahasa pada <i>e-booklet</i>	3	4
Kesesuaian bahasa yang digunakan pada media ini dengan kaidah kebahasaan pada <i>e-booklet</i>	3	4
Konsistensi pemilihan kata, istilah, dan kalimat pada <i>e-booklet</i>	3	4
Komponen Kegrafikan		
Pemilihan jenis huruf yang digunakan pada <i>e-booklet</i>	3	3
Pemilihan ukuran huruf pada <i>e-booklet</i>	3	3
Pemilihan warna huruf pada <i>e-booklet</i>	3	4
Tata letak komponen; teks, gambar, dan elemen pendukung pada <i>e-booklet</i>	2	4
Sajian gambar pada <i>e-booklet</i> menarik	1	4
Tampilan <i>QR-Code</i> pada <i>e-booklet</i>	2	4

Keterpaduan warna pada <i>e-booklet</i>	3	4
Kejelasan petunjuk penggunaan pada <i>e-booklet</i>	2	4
Jumlah Skor Penilaian	58	74
Jumlah Skor Maksimum	80	80
Rata-rata (%)	72,5	92,5
Kategori	Layak Diujicobakan	

Sumber: Diadaptasi Ristedikti (2017)

Aspek Kepraktisan Produk

Pada aspek ini guru bidang studi dan siswa SMA Negeri 2 Kota Jambi memberikan responnya terkait kemudahan penggunaan produk dan

manfaat bahan ajar yang dirasakan. Hasil respon guru dapat dilihat pada Tabel 6 dan hasil respon siswa dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 6. Hasil Kepraktisan Kelompok Kecil

Indikator	Pernyataan	Total Skor
Kemudahan penggunaan bahan ajar		
Kesesuaian Isi	Uraian materi disajikan dengan ringkas	32
	Kesesuaian gambar dengan materi (resolusi, bagaimana pemahaman anda setelah melihat gambar)	32
	Butir-butir soal mudah dipahami sesuai dengan topik pembahasan pada <i>e-booklet</i>	31
	Kemudahan memahami informasi/petunjuk yang disajikan pada <i>e-booklet</i>	31
	Kemudahan dalam memahami isi materi	30
Manfaat buku ajar yang dirasakan		
Visual	Tampilan <i>e-booklet</i> menarik	31
	Tampilan sajian gambar pada <i>e-booklet</i> menarik	32
	Pemilihan ukuran dan tampilan <i>QR-Code</i> pada <i>e-booklet</i>	31
	Pemilihan ukuran huruf yang digunakan	31
	Pemilihan jenis huruf yang digunakan	32
	Variasi ukuran dan jenis huruf <i>font</i> yang digunakan nyaman untuk dibaca	26
Kegunaan	Fenomena kehidupan sehari-hari yang disajikan menarik	32
	Manfaat <i>e-booklet</i> sebagai sumber belajar	32
	Manfaat <i>e-booklet</i> dalam menambah pengetahuan anda	31
	<i>E-booklet</i> mudah digunakan di mana saja	26
Jumlah Skor Penilaian		460
Jumlah Skor Maksimum		480
Rata-rata (%)		96
Kategori		Sangat Praktis

Tabel 7. Hasil Kepraktisan Kelompok Besar

Indikator	Pernyataan	Total Skor
Kemudahan penggunaan bahan ajar		
Kesesuaian Isi	Uraian materi disajikan dengan ringkas	139
	Kesesuaian gambar dengan materi (resolusi, bagaimana pemahaman anda setelah melihat gambar)	140
	Butir-butir soal mudah dipahami sesuai dengan topik pembahasan pada <i>e-booklet</i>	128
	Kemudahan memahami informasi/petunjuk yang disajikan pada <i>e-booklet</i>	136
	Kemudahan dalam memahami isi materi	135

Manfaat buku ajar yang dirasakan		
Visual	Tampilan <i>e-booklet</i> menarik	138
	Tampilan sajian gambar pada <i>e-booklet</i> menarik	138
	Pemilihan ukuran dan tampilan <i>QR-Code</i> pada <i>e-booklet</i>	136
	Pemilihan ukuran huruf yang digunakan	136
	Pemilihan jenis huruf yang digunakan	136
	Variasi ukuran dan jenis huruf <i>font</i> yang digunakan nyaman untuk dibaca	137
	Fenomena kehidupan sehari-hari yang disajikan menarik	138
Kegunaan	Manfaat <i>e-booklet</i> sebagai sumber belajar	140
	Manfaat <i>e-booklet</i> dalam menambah pengetahuan anda	138
	<i>E-booklet</i> mudah digunakan di mana saja	138
Jumlah Skor Penilaian		2055
Jumlah Skor Maksimum		2100
Rata-rata (%)		98
Kategori		Sangat Praktis

Tabel 8. Hasil Kepraktisan Guru Biologi

Indikator	Pernyataan	Total Skor
Manfaat bahan ajar yang dirasakan		
Kesesuaian Isi	Kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran	8
	Kesesuaian materi dengan ATP	8
	Kesesuaian materi dengan topik pembahasan	8
	Kejelasan keseluruhan materi	8
	Kejelasan fenomena kehidupan sehari-hari pada <i>e-booklet</i>	8
	Kesesuaian soal dengan topik pembahasan	7
	Manfaat <i>e-booklet</i> bagi pengetahuan siswa	8
Visual	Daya tarik keseluruhan <i>e-booklet</i>	8
	Pemilihan jenis huruf pada <i>e-booklet</i>	8
	Pemilihan ukuran huruf pada <i>e-booklet</i>	7
	Variasi pemilihan jenis dan ukuran huruf serta keterpaduannya pada <i>e-booklet</i>	7
	Tata letak dan tampilan gambar pada <i>e-booklet</i>	8
	Tata letak dan tampilan <i>QR-Code</i> pada <i>e-booklet</i>	8
	Kemenarikan penyajian informasi pada <i>e-booklet</i>	8
	Manfaat <i>e-booklet</i> sebagai bahan ajar	8
Kebahasaan	Bahasa yang digunakan pada <i>e-booklet</i> mudah untuk dipahami	8
	Pemilihan bahasa pada <i>e-booklet</i> sesuai dengan tingkat pemahaman siswa	8
	Kesesuaian bahasa yang digunakan pada <i>e-booklet</i> dengan kaidah kebahasaan	8
Kegunaan bahan ajar yang dirasakan		
Kegunaan	Kepraktisan <i>e-booklet</i> dalam menyampaikan materi	8
	Kepraktisan akses penggunaan <i>e-booklet</i>	8
Jumlah Skor Penilaian		157
Jumlah Skor Maksimum		160
Rata-rata (%)		98
Kategori		Sangat Praktis

Aspek Keefektifan Produk terhadap Hasil Belajar Kognitif Siswa

Terdapat perbedaan signifikan hasil tes siswa sebelum pembelajaran

($M=46,75$, $SD=14,32$) dan setelah pembelajaran ($M= 82,19$, $SD= 15,05$) pada hasil statistik uji t-berpasangan, dengan hasil uji t-berpasangan

menunjukkan $t(31)= 19$ dan nilai $p < 0,001$.

Tabel 9. Hasil Uji-t Berpasangan

<i>Paired Samples Test</i>				
<i>Paired Differences</i>				
	<i>Mean</i>	<i>t</i>	<i>Df</i>	<i>Sig (2-tailed)</i>
<i>Pretest-Postest</i>	35,43750	19	31	<0,001

Untuk mengetahui efektivitas penggunaan *e-booklet* pola hereditas terintegrasi *STEM* terhadap hasil belajar kognitif siswa, dilakukan perhitungan *effect size* yang disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 10. Hasil Effect Size

	<i>Paired Samples Effect Sizes</i>			
	<i>Standardizer²</i>	<i>Point Estimate</i>	<i>Interval</i>	
<i>Cohen's d</i>	10,54617	-3,360	-4,257	2,454

Tabel 11. Hasil Peningkatan Indikator Kognitif

Level Kognitif	<i>Pretest</i>	<i>Postest</i>	Peningkatan (%)
C1	84	100	19
C2	87,5	100	14,3
C3	55	88,5	60,9
C4	65	68,75	5,8
C5	34	76,5	125
C6	31,25	81,25	160

PEMBAHASAN

Bahan ajar *e-booklet* pola hereditas terintegrasi *STEM* untuk siswa SMA ini dikembangkan dengan model pengembangan *ASSURE* oleh Smaldino dkk. (2014). Hasil wawancara guru biologi dan angket kebutuhan peserta didik menginformasikan bahwa siswa kelas XII fase F membutuhkan media pembelajaran atau bahan ajar tambahan pada materi pola hereditas.

Bahan ajar tambahan yang dimaksud adalah bahan ajar yang mampu melibatkan teknologi, menggabungkan unsur gambar, video, *hyperlink*, bahkan simulasi virtual, dikemas ringkas, dapat diakses di mana saja, dan dapat mengintegrasikan pendekatan *STEM* yang membuat siswa tertarik untuk mengenal dan mempelajarinya. Adapun, hasil belajar kognitif mayoritas siswa pada kelas XII F2 menginformasikan ada sebanyak 89% siswa kelas XII F2 yang masih bisa dioptimalkan hasil belajar kognitifnya.

Hasil belajar kognitif siswa menginformasikan bahwa sebagian besar level kognitif siswa harus dioptimalkan. Oleh karena itu dalam menyusun ATP, menggunakan pola ABCD yaitu *Audience, Behavior, Condition, and Degree* (Pribadi, 2011).

Tahap selanjutnya adalah memilih metode, bahan ajar, dan materi. Metode yang dipilih untuk mendukung integrasi pendekatan *STEM* pada *e-booklet* ialah model *Project Based Learning (PjBL)*. Tipani dkk., (2019) mengungkapkan bahwa pembelajaran yang melibatkan metode *STEM-PjBL* menjadikan pembelajaran yang bermakna bagi siswa. Karena untuk dapat memahami sebuah pembelajaran, siswa akan terlibat aktif untuk bereksplorasi melalui kegiatan proyek ataupun eksperimen.

Media yang dipilih dalam merancang *e-booklet* ialah canva dan *heyzine flipbook*. Dengan menggunakan canva, berbagai fitur dapat dimasukkan ke dalam *e-booklet* seperti: gambar, video, *QR-code*, *hyperlink*, kuis, bahkan simulasi virtual yang dapat menjawab kebutuhan siswa sebelumnya.

Kelayakan E-Booklet

Validasi materi *e-booklet* mendapatkan persentase sebesar 97% dengan kategori layak diujicobakan. Materi pola hereditas berdasarkan temuan Safariyani (2021) adalah materi biologi yang sulit karena melibatkan perhitungan matematika untuk dapat menganalisa hasil pada suatu topik. Oleh karena itu, materi pola hereditas disajikan dengan sistematis menggunakan sumber yang valid dan terdapat integrasi STEM didalamnya. Dikemas dengan ringkas hingga melibatkan penggunaan berbagai teknologi.

Validasi bahan ajar *e-booklet* mendapatkan persentase kelayakan sebesar 92,5% dengan kategori layak diujicobakan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *e-booklet* yang dikembangkan sudah dalam kategori yang baik dari aspek isi, penyajian, kebahasaan, dan kegrafikan. *E-booklet* yang dikembangkan melibatkan banyak fitur, tidak hanya gambar tetapi terdapat *QR-code*, video, *hyperlink*, simulasi virtual, *google forms*, kuis, dan lainnya. Menurut Hoiroh (2020), *e-booklet* sangat praktis dan efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap suatu topik pembelajaran. Adapun menurut Rahmatih (2017) *e-booklet* berperan dalam meningkatkan hasil belajar dan minat belajar siswa, karena membantu siswa lebih mudah memahami fakta-fakta materi, mendorong rasa ingin tahu, serta memfasilitasi pemahaman terhadap konsep-konsep yang ada.

Kepraktisan E-Booklet

Penilaian kepraktisan produk didapatkan dari pengisian instrumen lembar keterlaksanaan pembelajaran dan pengisian angket respon (Af'idah dkk., 2023). Berdasarkan hasil yang didapatkan pada tabel 8. untuk respon

guru, tabel 7. untuk siswa uji kelompok besar, dan tabel 6. siswa uji kelompok kecil, menunjukkan rata-rata yang berada pada interval 81%-100%.

Berdasarkan kualifikasi skor oleh Milala dkk (2022) hasil tersebut berada pada kategori sangat praktis. Artinya, *e-booklet* pola hereditas terintegrasi STEM memenuhi aspek kepraktisan, yaitu mudah dalam digunakan dan memberikan manfaat bagi pengguna. Dengan demikian, produk yang dikembangkan dinyatakan praktis.

Adapun terdapat saran kritik dari respon guru dan siswa, bahkan berdasarkan temuan sewaktu uji coba yang terjadi di lapangan, memberikan sudut pandang baru akan kelebihan dan kekurangan dari *e-booklet* pola hereditas terintegrasi *STEM* yang menjadi acuan untuk melakukan revisi.

Kelebihan *e-booklet*, antara lain: 1) *E-booklet* mengandung kombinasi elemen multimedia yang membuat bahan ajar ini menarik daripada buku cetak biasa, sehingga materi pola hereditas dapat lebih mudah dipahami., 2) Pengguna dapat mengakses *e-booklet* kapan dan dimana saja baik melalui HP ataupun laptop yang terhubung dengan internet., 3) Siswa dapat belajar secara mandiri untuk mengulang materi di luar jam sekolah. Kekurangan *e-booklet*, antara lain: 1) Semua fitur dapat diakses hanya jika perangkat digital seperti HP ataupun laptop terhubung dengan internet., 2) Bagi beberapa pengguna, tulisan dalam *e-booklet* terlalu kecil. Namun, pada petunjuk penggunaan telah dijelaskan terdapat fitur *zoom-in.*, dan 3) Fitur video (youtube) tidak dapat dimainkan secara langsung di dalam *e-booklet*, melainkan dialihkan ke laman youtube.

Keefektifan *E-Booklet* terhadap Hasil Belajar Kognitif Siswa

Nilai *pretest-posttest* dianalisis menggunakan uji-t berpasangan. Asumsi untuk melakukan uji-t berpasangan adalah data terdistribusi dengan normal. Uji normalitas adalah uji untuk mengetahui apakah data yang ada terdistribusi secara normal atau tidak (Rini & Faisal, 2015). Hasil uji normalitas Kolmogorov-Smirnov menginformasikan bahwa data tes [$D(32) = 0,138, p = 0,124$] terdistribusi secara normal, karena nilai $p > 0,005$.

Hasil uji t-berpasangan menunjukkan $t(31) = 19$ dan nilai $p = 0,001$ menginformasikan bahwa hasil signifikan, karena nilai $p < 0,05$. Artinya, ditemukan adanya perbedaan hasil belajar kognitif siswa sebelum dan sesudah menggunakan *e-booklet* pada pembelajaran. Untuk mengetahui seberapa besar efektivitas penggunaan *e-booklet* pola hereditas terintegrasi *STEM* terhadap hasil belajar kognitif siswa, dilakukanlah perhitungan *effect size*.

Hasil perhitungan *effect size* sebesar 3,36 menurut Cohen's d menunjukkan bahwa penggunaan *e-booklet* pola hereditas terintegrasi *STEM* memiliki efektivitas yang tinggi dalam meningkatkan hasil belajar kognitif. Nilai tersebut berada jauh di atas ambang batas *effect size* kategori besar menurut Cohens' d , yaitu 0,8, sehingga termasuk dalam kategori efek yang sangat besar (Ellis, 2010).

Penggunaan *e-booklet* sebagai bahan ajar dapat memberikan dampak positif terhadap pencapaian setiap level kognitif siswa. Level C1 (mengetahui) meningkat sebesar 19% dan pada level C2 (memahami) terjadi peningkatan sebesar 14,3% dimana data menunjukkan 100% siswa dapat menjawab soal tersebut. Selanjutnya, level C3 (mengaplikasikan) mengalami

peningkatan 60,9%, C5 (mengevaluasi) sebesar 125%, dan C6 (membuat) meningkat sebesar 160%. Sedangkan pada level C3 hanya terjadi peningkatan sebesar 5,8%. Dengan demikian, *e-booklet* pola hereditas terintegrasi *STEM* mampu menjangkau dan bahkan meningkatkan seluruh ranah kognitif, terutama pada level kognitif C3, C5, dan C6 yang merupakan keterampilan berfikir tingkat tinggi (Pasinda dkk., 2022).

KESIMPULAN

Bahan ajar *e-booklet* terintegrasi *STEM* pada materi pola hereditas untuk siswa SMA ini dikembangkan dengan model pengembangan *ASSURE* yang telah teruji layak oleh ahli materi (97%) dan ahli bahan ajar (92,5%), dinyatakan sangat praktis untuk digunakan oleh guru (98%) dan siswa (kelompok kecil - 96% & kelompok besar - 98%), serta efektif meningkatkan hasil belajar kognitif siswa terkhususnya pada level kognitif C3 (mengaplikasikan), C5 (mengevaluasi), dan C6 (membuat).

SARAN

Akses terhadap produk *e-booklet* terintegrasi *STEM* pada materi pola hereditas untuk siswa SMA dapat maksimal jika digunakan di laboratorium komputer sekolah ataupun pada tempat dengan jaringan internet yang memadai, serta dapat dilakukan uji efektivitas pada kemampuan siswa lainnya sesuai dengan kurikulum yang ada.

DAFTAR RUJUKAN

- Akbar, S. 2017. *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Ariyanto, A. Priyayi, D. F., & Dewi, L. 2018. *Penggunaan Media Pembelajaran Biologi di Sekolah*

- Menengah Atas (SMA) Swasta Salatiga. *Bioedukasi*. 9(1):1-13.
- Af'idah, N. A., Manasikana, O. A., & Fitriyah, L. A. 2023. Kepraktisan Dan Efektivitas Alat Peraga Tuas Sebagai Media Pembelajaran Ipa Untuk Siswa Smp Kelas VIII. *Jurnal Pendidikan Fisika*. 11(1):55-66.
- Ellis, P. D. 2010. *The Essentials Guide to Effect Sizes: Statistical power, Meta analysis, and the Interpretation of Research Results*. United Kingdom: University Press, Cambridge.
- Febriyanto, F., & Anggraito, Y. U. 2023. Development STEM E-Booklet Curug Winong Fern Plants as a Student Learning Resource. *Bioeduca : Journal of Biology Education*. 5(2):143-154.
- Hera, F. 2017. Studi Kasus Permasalahan dalam Proses Pembelajaran Konsep Generika di SMA Negeri 2 Seulimum Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Genta Mulia*. 8(1):53-63.
- Hoiroh, A. M. M. 2020. Pengembangan Media Booklet Elektronik Materi Jamur untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa Kelas X SMA. *BIOEDU Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*. 9(1):292-301.
- Luthfiyani, S. H., Widodo, A., & Rochintaniawati, D. 2019. Pengaruh Pembelajaran Biologi Berbasis STEM terhadap Literasi Teknologi dan Keterampilan Pengambilan Keputusan Siswa SMA. *Assimilation: Indonesian Journal of Biology Education*. 2(2):77-82.
- Milala, H. F., Endryansyah, J., & Agung, A. I. 2022. Keefektifan Dan Kepraktisan Media Pembelajaran Menggunakan Adobe Flash Player. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*. 11(2):195-202.
- Pasinda, L., Susanta, A., Susanto, E., & Maizora, S. 2022. Analisis Tingkat Kognitif Soal Uraian Pada Materi Bilangan SMP Kelas VII Berdasarkan Taksonomi Bloom. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Matematika Sekolah*. 6(1):56-63.
- Pribadi, B. A. 2011. *Model ASSURE untuk Mendesain Pembelajaran Sukses*. Jakarta: PT. Dian Rakyat.
- Rahmatih, A. N., Yuniastiuti, A., & Susanti, R. 2017. Pengembangan Booklet Berdasarkan Kajian Potensi dan Masalah Lokal Sebagai Suplemen Bahan Ajar SMK Pertanian. *Journal of Innovative Science Education*. 6(2):163-169.
- Riduwan & Akdon. 2020. *Rumus dan Data Dalam Analisis Statistika*. Bandung: Alfabeta.
- Riduwan. 2015. *Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Rini, D. S., & Faisal, F. 2015. Perbandingan Power of Test dari Uji Normalitas Metode Bayesian, Uji Shapiro-Wilk, Uji Cramer-von Mises, dan Uji Anderson-Darling. *Jurnal Gradien*. 11(2):1-5.
- Rohmah, M., Sholihah, M. A., & Malahayati, E. N. 2025. Pengembangan E-Modul Perubahan Lingkungan Berbasis Problem Based Learning Sebagai Bahan Ajar Siswa Kelas X SMA. *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*. 16(1):64-76.
- Safariyani, E. 2021. Peningkatan Aktivitas Dan Hasil Belajar Pola-Pola Hereditas Biologi Melalui Model Pembelajaran Direct Intruction Pada Siswa Kelas Xii Ipa-3 Sma Negeri 1 Sitiung. *Inovasi Pendidikan*. 8(2):32-44.
- Smaldino, S. E., Lowther, D. I., & Russell, J. D. 2014. *Instructional*.

- Media and Technologies for Learning: Seventh Edition*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Syarah, M. M., Rahmi, Y. L., & Darussyamsu, R. 2021. Analisis Penerapan Pendekatan STEM pada Pembelajaran Biologi. *Bio-edu: Jurnal Pendidikan Biologi*. 6(3):236–243.
- Tipani, A., Toto, Yulisma, L. 2019. Implementasi model PjBL berbasis STEM untuk meningkatkan penguasaan konsep dan kemampuan berpikir analitis siswa. *Bio education: (The Journal of Science and Biology Education)*. 4(2):70–76.
- Wicaksono, D. & Iswan, I. 2019. Upaya meningkatkan hasil belajar peserta didik melalui penerapan model pembelajaran berbasis masalah di kelas IV sekolah dasar muhammadiyah 12 pamulang banten. *Jurnal Holistika*. 3(2):111–126.
- Zunaidah, F. N., & Amin, M. 2016. Development of Teaching Materials for Biotechnology Subjects Based on Needs and Characteristics of Students of Universitas Nusantara PGRI Kediri. *Indonesian Biology Education*. 2(1):19–30.