

## PENGEMBANGAN E-MODUL KONSEP GENETIKA BERBASIS *PROJECT BASED LEARNING* MENGGUNAKAN LALAT BUAH (*Drosophila melanogaster*) ISOLAT LOKAL

Melti Arista\*, Herry Maurits Sumampouw, Emma Mauren Moko

Universitas Negeri Manado, Indonesia

\*Corresponding author: 19507013@unima.ac.id

**Abstrak:** Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan membahas kelayakan produk bahan ajar berupa e-modul berbasis *project based learning* (PjBL) pada materi Hukum Mendel dengan menggunakan lalat buah *Drosophila melanogaster*. Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) menggunakan Model Kemp & Dayton yang terdiri dari sembilan tahap yang disederhanakan menjadi empat tahap utama, yaitu persiapan, desain, pengembangan, dan uji coba. Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan teknik angket. Instrumen penelitian berupa angket validasi produk yang diberikan kepada ahli materi dan media, serta angket responden yang diberikan kepada guru dan siswa. Terdapat dua teknik analisis data yang digunakan yaitu analisis deskriptif kualitatif dan analisis statistik deskriptif. Hasil validasi dari ahli materi memperoleh persentase 83% dengan kualifikasi layak, ahli media memperoleh persentase 88% kualifikasi layak, validasi respon guru biologi memperoleh persentase 92% dengan kualifikasi sangat layak dan uji coba peserta didik pada kelompok kecil memperoleh persentase 87% dengan kualifikasi sangat layak. Hasil validasi ini menunjukkan bahawa produk e-modul layak untuk digunakan.

**Kata Kunci:** *Drosophila melanogaster*, e-modul, genetika, *project based learning*

**Abstract:** The purpose of this study is to develop and discuss the feasibility of a teaching material product in the form of an e-module based on project based learning (PjBL) on the subject of Mendel's Law, using the fruit fly *Drosophila melanogaster*. This research is a research and development (R&D) using the Kemp & Dayton Model, which consists of nine stages simplified into four main stages, namely preparation, design, development, and trial. Data collection in this study used a questionnaire technique. The research instrument consisted of a product validation questionnaire administered to material and media experts, as well as a respondent questionnaire distributed to teachers and students. Two data analysis techniques are employed, namely qualitative descriptive analysis and descriptive statistical analysis. The validation results from material experts obtained a percentage of 83% with a qualification of being suitable, media experts obtained a percentage of 88% with a qualification of being suitable, validation of biology teacher responses obtained a percentage of 92% with a qualification of being very suitable and student trials in small groups obtained a percentage of 87% with a qualification of being very suitable. These validation results indicate that the e-module product is suitable for use.

**Keywords:** *Drosophila melanogaster*, e-module, genetics, *project based learning*

### PENDAHULUAN

Pendidikan memegang peranan penting dalam menyelesaikan berbagai permasalahan di kehidupan sehari-hari. Berbagai ilmu pengetahuan yang dimiliki oleh manusia merupakan hasil dari pendidikan. Sumber daya manusia yang bermutu juga berasal dari proses pendidikan. Ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin berkembang pesat di setiap saat juga merupakan hasil

dari proses pendidikan. Olehnya itu pendidikan yang baik dan berkualitas merupakan harapan setiap orang. Pendidikan yang baik dan berkualitas berasal dari proses pembelajaran yang bermutu yang dapat diselenggarakan oleh pendidik yang mampu menguasai suatu proses pendidikan (Qulub, 2019). Pendidik dalam hal ini guru merupakan ujung tombak dalam usaha pencapaian pendidikan yang baik dan berkualitas (Hikmah, 2023). Pendidik juga diharapkan mampu menciptakan suatu proses pembelajaran yang bermutu, tentunya dengan tetap mempertimbangkan berbagai faktor yang mempengaruhinya. Itulah sebabnya pembaharuan pendidikan diperlukan untuk meningkatkan mutu pendidikan nasional seiring dengan perkembangan pesat ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) (Ngongo, Hidayat, & Wiyanto, 2019).

Berbagai upaya dilakukan untuk mewujudkan pendidikan menjadi lebih baik, salah satunya yaitu meningkatkan kualitas suatu proses pembelajaran (Sakdiah & Syahrani, 2022). Proses pembelajaran merupakan upaya mengkondisikan lingkungan agar terjadi kegiatan belajar (Arianti, 2017). Pembelajaran merupakan kegiatan proses belajar mengajar yang dapat membawa informasi dan pengetahuan dalam interaksi yang berlangsung antara guru dan siswa. Melalui proses pembelajaran, diharapkan terjadi kegiatan belajar dan menghasilkan perubahan yang terarah ke arah positif sesuai dengan tujuan pembelajaran yang diinginkan. Pembelajaran dapat berhasil dengan baik jika pesan atau materi yang disampaikan (berupa pengetahuan, pengalaman, dan gagasan) dapat ditangkap, dipahami, dan dipelajari dengan mudah oleh siswa (AR, 2022). Dengan demikian, guru harus memilih metode yang efektif dan dapat digunakan dalam proses pembelajaran agar tidak terjadi kesalahan yang dapat menimbulkan masalah dan mengganggu jalannya suatu proses pembelajaran. Komunikasi antara siswa dan guru dalam pembelajaran dapat diefektifkan selama pembelajaran menggunakan media atau bahan ajar.

*National Education Association* (NEA) mendefinisikan media sebagai segala benda yang dapat dimanipulasikan, dilihat, didengar, dibaca atau dibicarakan beserta instrument yang dipergunakan untuk kegiatan tersebut. Media pembelajaran merupakan sebuah alat bantu yang dimanfaatkan oleh pengajar untuk menyampaikan sebuah materi pelajaran agar lebih mudah dipahami oleh peserta didik untuk meningkatkan pemahaman peserta didik (Hamka & Effendi, 2019). Media merupakan alat bantu mengajar untuk mencapai tujuan pembelajaran secara efektif dan efisien (Supriyono, 2018). Penggunaan media pembelajaran dalam kegiatan belajar mengajar dapat membangkitkan keingintahuan suatu hal yang baru, mendorong dan merangsang kegiatan belajar bahkan membawa pengaruh psikologis bagi siswa, sehingga media pembelajaran sangat berperan penting untuk proses pembelajaran (Afandi, 2022; Nurhidayati, Ramadani, Melisa, & Putri, 2023). Salah satu media yang dapat digunakan adalah media pembelajaran berupa e-modul.

Modul elektronik (e-modul) merupakan bahan belajar mandiri yang disusun secara sistematis ke dalam unit pembelajaran tertentu dan disajikan dalam format elektronik (Ernawati & Susanti, 2021; Rungkat, Jeujan, Wola, & Warouw, 2023). Setiap kegiatan pembelajaran di dalamnya dihubungkan dengan tautan (*link*) sebagai navigasi yang membuat siswa menjadi lebih interaktif dengan program yang dilengkapi dengan penyajian video tutorial, animasi, dan audio untuk memperkaya pengalaman belajar, sehingga menjadikan siswa lebih interaktif (Noverisa, Setiawati, & Prasetyo, 2022; Wijayanto, Leksono, & Rusmawati, 2022). Adapun perbedaan antara modul cetak dan elektronik umumnya hanya terletak pada format penyajian secara fisiknya saja (Padwa & Erdi, 2021). Ketersediaan e-modul pembelajaran genetika di sekolah masih jarang ditemukan atau hampir tidak pernah ada penggunaan e-modul dalam proses pembelajaran. Berdasarkan hasil observasi awal dan wawancara dengan salah satu guru biologi dan mahasiswa yang pernah melaksanakan PPL di SMA Negeri 1 Manado menunjukkan ketersediaan dan penggunaan e-modul pembelajaran genetika di sekolah masih jarang diterapkan dalam proses pembelajaran biologi khususnya pada siswa kelas XI IPA. Pembelajaran genetika yang dilakukan di sekolah mengacu pada buku pelajaran atau buku paket biologi yang tersedia di sekolah. Guru hanya membimbing siswa untuk mempelajari materi yang terdapat dalam buku paket tanpa adanya ketersediaan bahan ajar pendukung yang lain.

Pembelajaran biologi saat ini yang menjadi dasar untuk menguasai biologi harus mengerti tentang konsep genetika agar terbentuk individu yang baik yang bisa dilakukan di sekolah. Genetika

merupakan salah satu pelajaran biologi yang di dalamnya memuat konsep-konsep genetika yang masih bersifat konkrit dan abstrak, dan materi genetika yang abstrak inilah yang sering membuat siswa kesulitan untuk mengerti konsep tersebut (Hera, 2017; Jannah, 2023). Definisi genetika menurut Corebima dalam Sumampouw (2013) adalah cabang ilmu yang mempelajari tentang struktur, reproduksi, ekspresi, perubahan dan rekombinasi keberadaan dalam populasi dan rekayasa tentang materi genetika. Penggunaan *Drosophila melanogaster* sebagai materi ajar dalam e-modul dapat digunakan sebagai media pembelajaran yang tepat bagi siswa untuk mempelajari pengaruh faktor lingkungan terhadap ekspresi sifat makhluk hidup. *Drosophila melanogaster* atau biasa dikenal sebagai lalat buah adalah organisme model yang dapat digunakan untuk mempelajari fenomena-fenomena dalam kajian genetika (Ansiga, Sumampouw, & Mokusuli, 2024; Kapughu, Sumampouw, & Manoppo, 2023; Mokusuli & Sumampouw, 2023; Ramadani, 2018; Sumampouw, Samuel, Oka, Naharia, & Wurarah, 2021; Wurarah, Mokusuli, & Sumampouw, 2023).

Berdasarkan hasil wawancara dengan salah satu guru biologi kelas XI di SMA Negeri 1 Manado, bahwa ketika proses pembelajaran berlangsung kemampuan siswa dalam memahami materi genetika biologi masih kurang, salah satu faktor yang menyebabkan hal ini terjadi yaitu siswa kurang aktif pada saat proses pembelajaran, dimana saat kegiatan belajar berlangsung terlihat siswa kurang merespon interaksi dari guru. Ketika guru memberikan suatu pertanyaan mengenai suatu masalah, yang terlihat respon timbal balik siswa kurang aktif serta jawaban dari sebagian siswa dalam menganalisis masalah yang ada kurang maksimal. Sehingga ketika proses pembelajaran sedang berlangsung pengembangan berpikir kreatif siswa masih perlu dikembangkan lagi. Untuk mengatasi masalah tersebut salah satunya dengan menggunakan model PjBL yang mendukung keterlibatan siswa dalam situasi pemecahan masalah (Karan & Brown, 2022; Sidabariba, Warouw, & Moko, 2024). Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan di atas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan dan membahas kelayakan produk bahan ajar berupa e-modul berbasis *project based learning* (PjBL) pada materi Hukum Mendel dengan menggunakan lalat buah *Drosophila melanogaster*.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian dan pengembangan (*research and development*) menggunakan desain dari (Kemp & Dayton, 1985) yang disederhanakan oleh Rengkuan (2012) dalam menjadi 4 tahapan utama meliputi (1) persiapan, (2) perancangan, (3) pengembangan, dan (4) uji coba dan revisi. Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan teknik angket. Instrumen penelitian berupa angket validasi produk yang diberikan kepada ahli materi dan media, serta angket responden yang diberikan kepada guru dan siswa. Terdapat dua teknik analisis data yang digunakan yaitu analisis deskriptif kualitatif dan analisis statistik deskriptif.

Angket yang diberikan diolah berdasarkan penyajian persentase dengan menggunakan skala likert dengan nilai 1 sangat tidak setuju, 2 tidak setuju, 3 kurang setuju, 4 setuju, dan 5 sangat setuju (Sugiyono, 2015). Skor perolehan pada angket validasi ahli media dan materi dibuat persentase dan diinterpretasikan ke dalam kategori tingkat pencapaian pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori Tingkat Pencapaian Kelayakan Produk

Tingkat Pencapaian	Kualifikasi	Keterangan
90% - 100%	Sangat Baik	Sangat layak (tidak perlu direvisi)
75% - 89%	Baik	Layak (tidak perlu direvisi)
50% - 74%	Cukup Baik	Cukup layak (perlu direvisi)
35% - 49%	Kurang Baik	Kurang layak (perlu direvisi)
0% - 34%	Tidak Baik	Tidak layak

(Sumampouw & Rengkuan, 2019)

Sedangkan untuk pemberian makna dan kelayakan modul untuk hasil data dari guru dan peserta didik menggunakan kriteria kelayakan modul berdasarkan Tabel 2.

Tabel 2. Skala Kelayakan E-modul

Skor Persentase (%)	Interpretasi
81% - 100 %	Sangat layak
61% - 80 %	Layak
41% - 60%	Cukup layak
21% - 40%	Kurang layak
0% - 20%	Sangat kurang layak

(Arikunto, 2014)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan produk berupa e-modul yang dikembangkan menggunakan desain dari Kemp & Dayton yang disederhanakan oleh Rengkuan (2012) dalam menjadi 4 tahapan utama meliputi (1) persiapan, (2) perancangan, (3) pengembangan, dan (4) uji coba dan revisi.

### Tahap Persiapan

Tahap persiapan ini merupakan tahap awal dalam proses pengembangan e-modul. Pada tahap persiapan beberapa hal dilakukan peneliti yaitu:

#### ***Pengamatan Siklus Hidup Lalat Buah (*Drosophila melanogaster*)***

Pada tahap ini peneliti melakukan penelitian pengamatan siklus hidup pada lalat buah yang dilaksanakan selama kurang lebih 2 minggu, mulai dari 09 – 26 Juni 2023 bertempat di Laboratorium Jurusan Biologi Universitas Negeri Manado dan juga di lokasi tempat tinggal peneliti Perumahan Maesa Unima, Blok B Nomor 50. Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap perkembangan tahapan hidup dan morfologi lalat buah dengan cara mengisolat lalat buah lokal. Hasil dari pengamatan siklus hidup lalat buah yaitu pada hari pertama lalat dewasa betina bertelur, pada hari 1-6 telur menetas dan larva instar I muncul, hari 7-8 muncul larva instar II, larva instar III dan pre pupa, hari ke 9-11 pre pupa berubah menjadi pupa, hari 12-14 pupa menetas menjadi imago dan lalat dewasa.



Gambar 1. Pengamatan siklus hidup, morfologi, dan persilangan *Drosophila melanogaster*

#### ***Persilangan Lalat Buah (*Drosophila melanogaster*)***

Setelah peneliti melakukan pengamatan siklus hidup dan morfologi lalat buah. Peneliti kemudian melakukan persilangan monohybrid lalat buah, dengan menyilangkan parental lalat buah hasil dari pengamatan siklus hidup yang telah dilakukan sebelumnya. Pengamatan siklus hidup dan persilangan dilakukan selama kurang lebih 2 minggu, hingga persilangan tersebut menghasilkan individu lalat buah baru. Hasil dari persilangan ini peneliti jadikan sebagai sumber (bahan baku) yang disesuaikan dengan materi yang dikemas dalam bentuk e-modul pembelajaran, yang

dikembangkan dan dibentuk berisi prosedur tertulis, dan gambar yang bersumber dari proses penelitian.

### **Studi Literatur dan Pemilihan Perangkat (Aplikasi)**

Pada tahap persiapan selain peneliti melakukan penelitian terdahulu, peneliti juga melakukan studi literatur lewat artikel jurnal, buku dan sumber informasi lainnya yang digunakan sebagai referensi untuk mendukung kelengkapan isi e-modul yang dikembangkan. Selanjutnya, langkah terakhir yang peneliti lakukan pada tahap persiapan ini yaitu menentukan perangkat aplikasi yang digunakan untuk mengembangkan media e-modul. Peneliti menentukan aplikasi *Canva* sebagai aplikasi yang digunakan untuk mengembangkan e-modul.

### **Tahap Perancangan**

Pada tahap ini peneliti merancang dan menentukan ide e-modul yang dikembangkan mulai dari menyusun materi dengan pokok bahasan Hukum Mendel yang disesuaikan dengan model pembelajaran PjBL, kebutuhan materi bahan ajar dan hasil wawancara dengan guru biologi SMA Negeri 1 Manado. Materi disusun sesuai kurikulum yang diterapkan disekolah yaitu menggunakan kurikulum merdeka, bahan materi yang digunakan harus disertai dengan fenomena dalam hal ini gambar dan materi berhubungan dengan kehidupan sehari-hari serta menggunakan bahasa yang mudah dipahami. Peneliti melakukan penyesuaian capaian pembelajaran, merumuskan tujuan pembelajaran terkait materi Hukum Mendel yang disajikan dalam e-modul, membuat penuntun pelaksanaan praktikum (*project*) dan penugasan soal test.

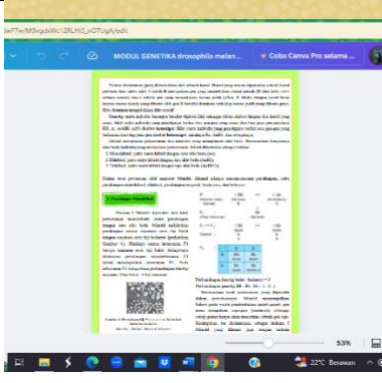
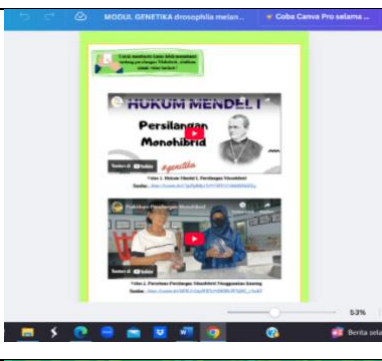
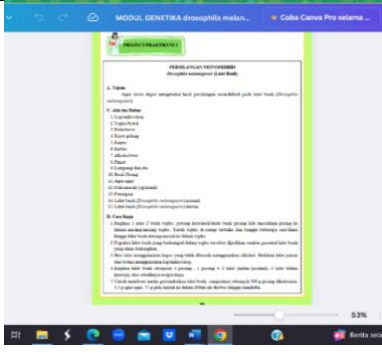
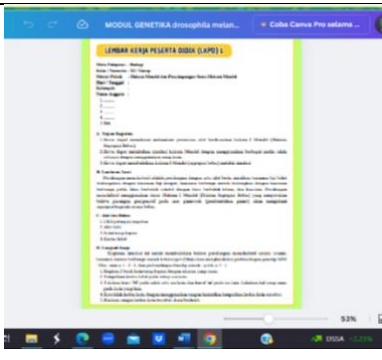
Materi yang dirancang diambil dari hasil penelitian terdahulu yang peneliti lakukan, yaitu hasil pengamatan siklus hidup dan persilangan monohibrid lalat buah. Selain itu, peneliti juga menambahkan materi dari buku paket SMA, studi literatur lewat artikel jurnal dan berbagai sumber dari internet yang sesuai dengan materi Hukum Mendel. Pada tahap ini juga peneliti merancang desain e-modul dengan melihat berbagai contoh pembuatan e-modul di internet dan *YouTube*. Peneliti mulai menentukan template yaitu latar belakang atau background e-modul, ukuran media, jenis huruf, spasi, warna dan gambar, efek, logo, gradasi dan fitur-fitur atau elemen pendukung lainnya yang membuat tampilan e-modul semakin menarik. Hal ini dilakukan supaya siswa tidak merasa bosan dan tertarik untuk mempelajari materi yang ada dalam e-modul. Hasil tahap perancangan ini, peneliti telah membuat produk awal atau rancangan produk (*prototype*) yang telah disesuaikan dengan materi dan kurikulum yang diterapkan di sekolah.

### **Tahap Pengembangan**

Proses pengembangan ini merupakan tahapan inti dalam mengembangkan e-modul. Hasil dari tahap ini yaitu setelah peneliti merancang dan mendesain e-modul, selanjutnya peneliti mengimplementasikan rancangan materi dan desain yang telah disusun pada tahap sebelumnya menjadi sebuah produk awal (*prototype*) dibuat menjadi produk e-modul melalui aplikasi *Canva*. Penggunaan aplikasi *Canva* harus diakses secara *online*. Tahap ini meliputi pembuatan atau penyusunan konten, integrasi multimedia, serta penyusunan penuntun *project* dan penugasan soal yang mendukung pembelajaran. Penyusunan konten e-modul disusun berdasarkan kebutuhan dan perencanaan materi. Materi disusun secara sistematis, mulai dari komponen inti yang berisi tujuan pembelajaran dan indikator tujuan pembelajaran, materi utama, hingga latihan soal atau lembar kerja peserta didik (LKPD). Integrasi multimedia agar e-modul menjadi lebih menarik dan interaktif, peneliti menyisipkan elemen multimedia seperti gambar ilustratif dan video pembelajaran. Media tersebut dipilih dan dikembangkan sesuai prinsip pembelajaran visual dan audio untuk meningkatkan pemahaman siswa. Video pembelajaran yang ada dapat langsung diakses secara *online* melalui aplikasi *Canva* atau melalui link yang disediakan. Penyusunan penuntun *project* dan penugasan soal disesuaikan dengan materi yang bertujuan untuk menentukan kualitas belajar siswa dan memudahkan siswa dalam mengerjakan *project*.

Tabel 3. Proses Pengembangan E-modul

Tampilan	Keterangan
	<p>Masuk ke halaman <i>Canva</i></p>
	<p>Memilih template yang digunakan</p>
	<p>Mendesain cover e-modul. Memilih desain, elemen, gambar, warna, jenis huruf, logo dan fitur lainnya untuk membuat cover e-modul dan template untuk materi e-modul</p>
	<p>Tampilan cover e-modul</p>
	<p>Tampilan kompetensi inti</p>
	<p>Tampilan tujuan pembelajaran dan indikator tujuan pembelajaran</p>

Tampilan	Keterangan
	Tampilan materi pada e-modul
	Tampilan video pembelajaran
	Tampilan penuntun praktikum ( <i>project</i> )
	Tampilan soal lembar kerja peserta didik

**Uji Coba dan Revisi  
Validasi E-modul**

E-modul yang telah dikembangkan kemudian divalidasi oleh ahli materi dan ahli media. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah e-modul yang telah dikembangkan layak atau tidak digunakan sebagai media pembelajaran. Validasi ahli materi diperoleh dari penilaian angket yang terdiri dari aspek relevansi materi, isi materi, dan bahasa. Rekapitulasi hasil penilaian ahli materi ditampilkan pada Tabel 4. Berdasarkan data Tabel 4 menunjukkan hasil penilaian keseluruhan

aspek yang diperoleh 83% dengan kualifikasi layak, maka materi dalam pengembangan e-modul ini layak untuk digunakan dalam pembelajaran.

Tabel 4. Hasil Penilaian oleh Ahli Materi

Aspek Penilaian	Persentase Skor (%)	Kriteria
Aspek relevansi materi	80 %	Layak
Aspek isi materi	84 %	Layak
Aspek bahasa	83 %	Layak
Rata-rata	83 %	Layak

Validasi ahli media diperoleh dari hasil penilaian angket yang terdiri dari empat aspek, yaitu aspek tampilan, kebahasaan, kemudahan pengguna, dan keterlaksanaan. Rekapitulasi hasil penilaian oleh ahli materi ditampilkan pada Tabel 5. Berdasarkan data Tabel 5 penilaian ahli media di atas menunjukkan bahwa hasil penilaian keseluruhan aspek yang diperoleh persentase 88% dengan kualifikasi layak, maka media e-modul ini dapat dan layak digunakan sebagai media dalam pembelajaran.

Tabel 5. Hasil Penilaian oleh Ahli Media

Aspek Penilaian	Persentase Skor (%)	Kriteria
Tampilan	92%	Sangat layak
Kebahasaan	100%	Sangat layak
Kemudahan pengguna	72%	Cukup layak
Keterlaksanaan	80%	Layak
Rata-rata	88 %	Layak





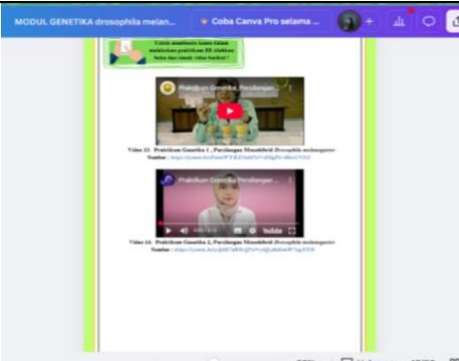
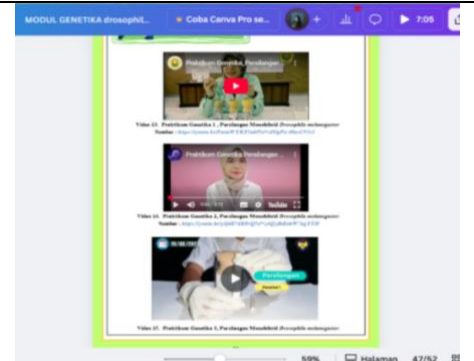
**Revisi Desain**

Setelah produk e-modul divalidasi oleh ahli materi dan media, selanjutnya dilakukan perbaikan atau revisi produk sesuai dengan saran dan masukan dari ahli materi dan ahli media. Berikut hasil produk e-modul sebelum dan sesudah revisi dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7.

Tabel 6. Revisi oleh Ahli Materi dan Media

Validator	Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
Ahli Materi	 <p>Kejelasan gambar dan referensi gambar belum jelas</p>	 <p>Gambar telah direvisi dan disesuaikan dengan sumber referensi</p>



Validator	Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
<p>Ahli Materi</p>	 <p>Kata pengantar menunjukkan e-modul belum mengarah pada kurikulum merdeka</p>	 <p>Kata pengantar setelah direvisi menunjukkan e-modul sudah mengarah pada kurikulum merdeka</p>
<p>Ahli Media</p>	 <p>Alokasi waktu sebelum revisi</p>	 <p>Alokasi waktu sesudah revisi disesuaikan dengan jam pelajaran biologi di kelas</p>
<p>Ahli Media</p>	 <p>Video pada e-modul bersumber dari orang lain</p>	 <p>Sesudah revisi menambahkan video pada e-modul yang dikembangkan sendiri</p>

Validator	Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
Ahli Media	<p>Sumber yang dicantumkan di daftar pustaka belum lengkap</p>	<p>Sesudah revisi menambahkan sumber pada daftar pustaka</p>

**Uji Coba Produk**

Setelah e-modul dinyatakan layak oleh ahli materi dan media, dan telah direvisi. Uji coba dilaksanakan di sekolah kepada seorang guru biologi dan 15 siswa kelas XI-10. Guru dan peserta didik memberi nilai pada angket kuisioner. Hal ini bertujuan untuk mengetahui respon atau penilaian terhadap kelayakan e-modul sebelum digunakan dan disebarakan dalam bentuk *online*.

Tabel 7. Hasil Penilaian Guru Mata Pelajaran Biologi

Aspek Penilaian	Persentase Skor (%)	Kriteria
Aspek pembelajaran	96%	Sangat layak
Aspek kebahasaan	96%	Sangat layak
Aspek kelengkapan media	100%	Sangat layak
Keterlaksanaan	92%	Sangat layak
Rata-rata	92%	Sangat layak

Data pada Tabel 7 menunjukkan bahwa penilaian keseluruhan aspek diperoleh persentase 95% dengan kualifikasi sangat layak, maka media e-modul ini dapat dan layak digunakan sebagai media dalam pembelajaran.

Tabel 8. Hasil Respon Peserta Didik

No	Siswa	Frekuensi					Jawaban	Persentase
		SS	S	CS	TS	STS		
1	ST	5	4	1			44	88%
2	AOP	3	6	1			42	84%
3	IB	6	4				46	92%
4	EDD	4	5	1			43	86%
5	DIR	6	3	1			45	90%
6	PAW	6	3	1			45	90%
7	FRG	8	2				48	96%
8	JRF	7	3				47	94%
9	SZ	8	2				48	96%
10	KB	6	4				46	92%
11	VMT	2	3	5			37	74%
12	LO	3	4	2	1		39	78%
13	DBS	6	3		1		44	88%
14	YP	2	6	2			40	80%
15	ZRC		8	2			38	76%
Rata-rata								87% (Sangat layak)

Berdasarkan Tabel 8, hasil penilaian respon peserta didik di atas menunjukkan kualifikasi sangat layak. Hal ini dapat dilihat dari tingkat pencapaian kelayakan e-modul menunjukkan persentase 87%.

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan menghasilkan e-modul pembelajaran konsep genetika berbasis PjBL dengan memanfaatkan lalat buah (*Drosophila melanogaster*) isolat lokal sebagai media belajar. E-modul berbasis PjBL ini menyajikan media pembelajaran yang mampu memberikan kesan dan kesempatan belajar yang lebih nyata kepada peserta didik untuk lebih memahami materi genetika melalui suatu eksperimen (*project*) yang dilakukan. E-modul ini dikembangkan dengan bantuan aplikasi *Canva* dan penyajian e-modul disusun dengan menggabungkan beberapa unsur dalam satu media, sehingga e-modul dapat terhubung dengan aplikasi lain yang dapat menampilkan video, gambar dan informasi lainnya. Materi dalam e-modul disusun sesuai dengan kurikulum merdeka yang dapat memenuhi kebutuhan fasilitas bahan ajar dalam pelaksanaan proses pembelajaran. Materi dan gambar yang bersumber dari studi literatur dan sebagian besar dari kegiatan eksperimen langsung yang dilakukan peneliti melalui pengamatan morfologi dan persilangan monohybrid lalat buah. E-modul juga mencakup elemen interaktif, petunjuk praktikum dan lembar kerja peserta didik.

Proses pengembangan e-modul dimulai dengan tahap persiapan dengan melakukan penelitian eksperimen pengamatan morfologi dan persilangan monohybrid lalat buah, studi literatur dan memilih aplikasi yang digunakan untuk mengembangkan e-modul. Tahap selanjutnya yaitu perancangan dengan menentukan ide materi dan template e-modul yang menghasilkan produk awal atau rancangan produk (*prototype*). Rancangan produk awal yang ada dilanjutkan dengan proses pengembangan untuk menghasilkan produk e-modul konsep genetika berbasis PjBL menggunakan lalat buah (*Drosophila melanogaster*) isolat lokal. Langkah terakhir proses pengembangan e-modul ini yaitu dengan melakukan validasi produk, revisi dan uji coba produk. Produk e-modul yang telah dikembangkan dapat diakses secara *online* menggunakan perangkat laptop, smartphone dan juga tablet melalui tautan link yang dibagikan. Berikut tautan link yang dapat diakses untuk membuka e-modul: <https://tinyurl.com/e-modulDrosophilamelanogaster>.

Menurut Sumampouw & Rengkuan (2019) jika hasil persentase pengembangan produk menunjukkan 75%-89% media tersebut dinyatakan valid atau layak untuk digunakan. Ditinjau dari hasil uji kelayakan pengembangan e-modul yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa bahan ajar e-modul yang dikembangkan layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran dengan persentase uji kelayakan dari ahli materi yaitu 83% dengan kualifikasi layak tanpa revisi dan hasil uji kelayakan dari ahli media mendapatkan persentase 88% dengan kualifikasi layak tanpa revisi. Hasil uji coba kelayakan e-modul dari guru mata pelajaran biologi mendapatkan persentase 92% dengan kualifikasi sangat layak dan hasil uji coba peserta didik mendapatkan persentase 87% dengan kualifikasi sangat layak.

Hasil pengembangan produk e-modul konsep genetika berbasis PjBL menggunakan lalat buah (*Drosophila melanogaster*) isolat lokal, diperoleh sejumlah kelebihan dan kekurangan. Kelebihan hasil pengembangan produk e-modul: (a) produk e-modul dapat diakses menggunakan perangkat seperti laptop, smartphone dan tablet. Tampilan visual yang menarik dan interaktif yang dilengkapi dengan tautan link video dan gambar memudahkan peserta didik dalam memahami materi, terutama konsep-konsep abstrak genetika; (b) mendukung pembelajaran mandiri atau kelompok dan berbasis *project*. E-modul disusun dengan struktur yang sistematis dan berisi aktivitas *project* yang dapat dipelajari secara kelompok maupun mandiri, sehingga dapat juga digunakan dalam pembelajaran blended learning atau kelas daring; (c) e-modul menyajikan panduan praktikum yang lengkap yang memungkinkan peserta didik terlibat aktif dalam pembelajaran, meningkatkan rasa ingin tahu peserta didik, mendorong untuk aktif berpikir kritis, bekerja sama, dan memecahkan masalah melalui *project* ilmiah sederhana seperti persilangan lalat buah; dan (d) materi dalam e-modul memanfaatkan lalat buah isolat lokal sebagai media eksperimen dapat menjadikan pembelajaran lebih kontekstual dan dekat dengan kehidupan nyata peserta didik, sehingga meningkatkan kaitan materi genetik dengan lingkungan mereka.

Kekurangan hasil pengembangan produk e-modul: (a) pengembangan dan uji coba e-modul ini masih terbatas pada satu sekolah dan hanya sampai pada uji kelompok kecil (jumlah responden yang kecil) yang belum mewakili keberagaman karakteristik peserta didik sehingga efektivitas e-modul belum teruji secara luas dan penilaian belum terlalu objektif; (b) materi pada e-modul masih berfokus pada materi dasar genetika seperti Hukum Mendel dan pewarisan sifat, belum mencakup materi lanjutan seperti genetik molekuler atau teknologi DNA rekombinan; dan (c) pelaksanaan praktikum (*project*) persilangan lalat buah dalam e-modul membutuhkan panduan langsung dari guru, serta fasilitas sederhana seperti toples, media, dan alat observasi. Disekolah dengan terbatasnya alat yang ada di sekolah, pelaksanaan *project* dapat terkendala.

## KESIMPULAN

E-modul konsep genetika berbasis PjBL menggunakan lalat buah (*Drosophila melanogaster*) isolat lokal dikembangkan dengan menggunakan aplikasi *Canva* yang diakses secara *online* menggunakan perangkat laptop. E-modul ini berisi materi dan gambar yang berkaitan dengan Hukum Mendel yang bersumber dari hasil eksperimen peneliti dengan memanfaatkan lalat buah isolat lokal sebagai media eksperimen dan hasil dari studi literatur yang disusun sesuai dengan kurikulum merdeka. E-modul dilengkapi dengan video pembelajaran yang diakses langsung dari aplikasi *Canva* dan dapat terhubung langsung dengan aplikasi *YouTube*. Produk e-modul dikembangkan dengan menggunakan model Kemp and Dayton yang disederhanakan oleh Rengkuan (2012) menjadi empat tahap yaitu 1) persiapan, 2) perancangan, 3) pengembangan, 4) uji coba dan revisi. Produk e-modul yang telah dikembangkan layak digunakan sebagai bahan berdasarkan hasil validasi e-modul oleh ahli materi dan media dengan didapatkan hasil akhir, yaitu ahli materi persentase 83% dengan kualifikasi layak dan ahli media persentase 88% dengan kualifikasi layak. Hasil uji coba atau respon guru mata pelajaran biologi pada persentase 92% dengan kualifikasi sangat layak dan peserta didik uji kelompok kecil pada persentase 87% dengan kualifikasi sangat layak untuk digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, M. A. (2022). Penggunaan media pembelajaran untuk meningkatkan motivasi belajar siswa. *AL IBTIDA': Jurnal Program Studi Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah*, 10(2), 14–28. Retrieved from <https://ejournal.kopertais4.or.id/mataraman/index.php/alibtida/article/view/5237>
- Ansiga, S. E., Sumampouw, H. M., & Mokusuli, Y. S. (2024). Penerapan Pembelajaran Praktikum Genetika Menggunakan Lalat Buah (*Drosophila melanogaster*) Isolat Lokal Berbasis Whatsapp di Daerah Terdepan, Terluar, dan Tertinggal (3T) SMA N I Kabaruan. *JSPB BIOEDUSAINS*, 5(1), 22–32.
- AR, H. S. (2022). Mengembangkan Penggunaan Media Pembelajaran Audio Visual Dalam Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa. *Ta'dib: Jurnal Pendidikan Islam Dan Isu-Isu Sosial*, 20(1), 25–42. <https://doi.org/10.37216/tadib.v20i1.538>
- Arianti, A. (2017). Urgensi lingkungan belajar yang kondusif dalam mendorong siswa belajar aktif. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, 11(1), 41–62. <https://doi.org/10.30863/didaktika.v11i1.161>
- Arikunto, S. (2014). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Ernawati, T., & Susanti, S. (2021). E-modul IPA 2 untuk pembelajaran mandiri di masa pandemi covid-19. *Prosiding Seminar Nasional: Arah Kebijakan Pendidikan Dan Kajian Riset Di Era New Normal*, 107–114. Yogyakarta: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mercu Buana Yogyakarta.
- Hamka, D., & Effendi, N. (2019). Pengembangan media pembelajaran blended learning berbasis edmodo pada mata kuliah fisika dasar di program studi pendidikan IPA. *Journal of Natural Science and Integration*, 2(1), 19–33. <https://doi.org/10.24014/jnsi.v2i1.7111>
- Hera, R. (2017). Studi kasus permasalahan dalam proses pembelajaran konsep genetika di SMA Negeri 2 Seulimum Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Genta Mulia*, 8(1), 53–36. Retrieved from <https://ejournal.uncm.ac.id/index.php/gm/article/view/977>

- Hikmah, S. N. A. (2023). Pengembangan Profesionalisme Guru Dalam Pendidikan Komprehensif. *Jurnal Pendidikan & Pengajaran (JUPE2)*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.54832/jupe2.v1i1.89>
- Jannah, M. (2023). Literatur review: Telaah pembelajaran biologi materi genetika di Sekolah Menengah Atas. *Normalita (Jurnal Pendidikan)*, 11(3), 548–553.
- Kapughu, N. M., Sumampouw, H. M., & Manoppo, J. S. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Genetika Audiovisual Menggunakan Drosophila Melanogaster Pada Konsep Pola Pewarisan Sifat di SMA Negeri 9 Manado. *JSPB BIOEDUSAINS*, 4(2), 146–156.
- Karan, E., & Brown, L. (2022). Enhancing Student's Problem-Solving Skills through Project-Based Learning. *Journal of Problem Based Learning in Higher Education*, 10(1), 74–87. <https://doi.org/10.54337/ojs.jpblhe.v10i1.6887>
- Kemp, J. E., & Dayton, D. K. (1985). *Planning and Producing Instructional Media* (5th ed.). United Kingdom: Harper & Row.
- Mokosuli, Y. S., & Sumampouw, H. M. (2023). The genetic diversity of Drosophila flies based on cytochrome-c oxidase subunit I gene from North Sulawesi. *Advancements in Life Sciences*, 10(4), 563–570. <https://doi.org/10.62940/als.v10i4.2023>
- Ngongo, V. L., Hidayat, T., & Wiyanto, W. (2019). Pendidikan di era digital. *Prosiding Seminar Nasional Program Pascasarjana Universitas PGRI Palembang*, 628–638.
- Noverisa, E. J., Setiawati, N., & Prasetio, V. M. (2022). Pengembangan e-modul interaktif berbasis android dalam mata kuliah Bunpou I. *Kagami: Jurnal Pendidikan Dan Bahasa Jepang*, 13(1), 64–78.
- Nurhidayati, V., Ramadani, F., Melisa, F., & Putri, D. A. E. (2023). Penerapan media pembelajaran terhadap motivasi siswa. *Jurnal Binagogik*, 10(2), 99–106. <https://doi.org/10.61290/pgsd.v10i2.428>
- Padwa, T. R., & Erdi, P. N. (2021). Penggunaan e-modul dengan sistem project based learning. *Jurnal Vokasi Informatika*, 1(1), 21–25. <https://doi.org/10.24036/javit.v1i1.13>
- Qulub, L. (2019). Profesionalisme pendidik dalam proses pembelajaran. *Dirasat*, 14(1), 29–44.
- Ramadani, S. D. (2018). Pengembangan modul genetika berbasis praktikum proyek memanfaatkan Drosophila melanogaster pada topik regulasi ekspresi gen eukariot. *Wacana Didaktika*, 6(2), 140–154. <https://doi.org/10.31102/wacanadidaktika.6.02.140-154>
- Rengkuan, M. (2012). *Identifikasi Variasi Gen Hormon Pertumbuhan Sapi Peranakan Ongole di Balai Besar Inseminasi Buatan Singosari dan Perusahaan Daerah Pasuruan sebagai Media Pembelajaran Materi Pengenalan Teknik Analisis Biologi Molekuler*. Universitas Negeri Malang.
- Rungkat, J. A., Jeujan, A., Wola, B. R., & Warouw, Z. W. M. (2023). Development of STEM-based Science E-Module on the Human Excretory System Topic. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(8), 6548–6556. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i8.4437>
- Sakdiah, H., & Syahrani, S. (2022). Pengembangan standar isi dan standar proses dalam pendidikan guna meningkatkan mutu pembelajaran di sekolah. *Cross-Border*, 5(1), 622–632.
- Sidabariba, Z. Y., Warouw, Z. W. M., & Moko, E. M. (2024). Pengaruh Model Project Based Learning Dalam Pembelajaran Biologi Terhadap Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Keanekaragaman Hayati. *J-CEKI: Jurnal Cendekia Ilmiah*, 3(4), 1297–1304. <https://doi.org/10.56799/jceki.v3i4.3899>
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: ALFABETA.
- Sumampouw, H. M. (2013). Strategi RQA dalam Pembelajaran Genetika Berbasis Metakognitif dan Retensi: Satu Sisi Lahirnya Generasi Emas. *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning*, 1–8. Surakarta: Department of Biology Education, Faculty of Teacher Training and Education, Universitas Sebelas Maret.
- Sumampouw, H. M., & Rengkuan, M. (2019). Penggunaan Web Offline Sebagai Media Pembelajaran Genetika di Perguruan Tinggi (PT). *Seminar Nasional Biologi Kepulauan (Vol. 1)*. Ternate: Universitas Khairun.

- Sumampouw, H. M., Semuel, M. Y., Oka, D. N., Naharia, O., & Wurarah, M. (2021). Media Pembelajaran Konsep Genetika Menggunakan *Drosophila melanogaster* Isolat Lokal Dengan Aplikasi Whatsapp Berbasis Kearifan Lokal Budaya Mapalus. *Jurnal Pendidikan Biologi Undiksha*, *8*(3), 145–160.
- Supriyono, S. (2018). Pentingnya media pembelajaran untuk meningkatkan minat belajar siswa SD. *Edustream: Jurnal Pendidikan Dasar*, *2*(1), 43–48. <https://doi.org/10.26740/eds.v2n1.p43-48>
- Wijayanto, D. W., Leksono, I. P., & Rusmawati, R. D. (2022). E-Module Learning Media Ignition System Material Based on Flipbook: Media Pembelajaran E-Modul Materi Sistem Pengapian Berbasis Flipbook. *Inquest Journal*, *1*(1), 1–11. <https://doi.org/10.53622/ij.v1i01.92>
- Wurarah, M., Mokusuli, Y. S., & Sumampouw, H. M. (2023). Biodiversity of *Drosophila* sp. from the Natural Environment based on the Cytochrome Oxidase subunit 1 Gene. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, *12*(2), 310–318. <https://doi.org/10.15294/jpii.v12i2.44126>