



PENGEMBANGAN MODUL GENETIKA BERBASIS PRAKTIKUM PROYEK MEMANFAATKAN *Drosophila melanogaster* PADA TOPIK REGULASI EKSPRESI GEN EUKARIOT

Shefa Dwijayanti Ramadani

Prodi Pendidikan Biologi, FKIP Universitas Islam Madura
Jl. Kompleks PP. Miftahul Ulum Bettet Pamekasan 69351
shefadwijayanti@gmail.com

Abstract: Ideal learning should encourage students to be actively involved, both physically and mentally during the learning process. Unfortunately, Genetics lectures at higher education were still widely implemented conventionally through theoretical studies without involving practical activities. This condition was at least caused by two factors: (1) practical activity wasn't designed in the curriculum, so it had never been done and (2) there weren't enough learning resources available to encourage the students to carry out practical activity independently. The development of learning module that utilize *Drosophila melanogaster* was expected to enhance student's activity and concept understanding on the topic of regulation of gene expression in eukaryotes. ADDIE was used as instructional module design, while the instrument used include observation sheets, student assessment sheets, and module validation sheets by Genetic experts and learning resource development experts. The results showed that the percentage of assessment based on small group trial was 90.8%; while validation results by Genetic and learning resource development expert were 92.2% and 92.5%, respectively. This means that the learning module was valid with very good qualification. Thus, the regulation of gene expression module can be used by students to obtain concept understanding more easily, as well as facilitating the students to empower skills and scientific values.

Keywords: Project Practicum, *Drosophila Melanogaster*, Development of Module, Regulation of Gene Expression

Abstrak: Pembelajaran ideal adalah pembelajaran yang mampu mendorong siswa untuk terlibat secara aktif, baik secara mental maupun fisik selama proses pembelajaran. Sayangnya, perkuliahan Genetika di Perguruan Tinggi masih banyak dilaksanakan secara konvensional melalui kajian teoritis tanpa melibatkan aktivitas praktikum. Kondisi ini setidaknya disebabkan oleh dua faktor yaitu: (1) aktivitas praktikum memang tidak dirancang dalam kurikulum, sehingga belum pernah dilakukan dan (2) belum tersedia sumber belajar yang cukup untuk mendorong mahasiswa melaksanakan kegiatan praktikum secara mandiri. Pengembangan modul pembelajaran yang memanfaatkan *Drosophila melanogaster* diharapkan dapat mendorong aktivitas maupun pemahaman konsep mahasiswa pada topik regulasi ekspresi gen pada eukariot. ADDIE digunakan sebagai desain modul pembelajaran, sementara instrumen yang digunakan meliputi lembar observasi, lembar penilaian/respons mahasiswa, dan lembar validasi modul oleh ahli Genetika dan ahli pengembangan bahan ajar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase penilaian berdasarkan uji coba kelompok kecil sebesar 90,8%; sementara hasil validasi oleh ahli materi dan ahli pengembangan bahan ajar masing-masing sebesar 92,2% dan 92,5%. Hal ini berarti bahwa modul dinilai layak dengan kualifikasi sangat baik. Dengan demikian, modul regulasi ekspresi gen dapat digunakan oleh mahasiswa untuk memperoleh pemahaman konsep secara lebih mudah sekaligus memfasilitasi mahasiswa untuk memberdayakan keterampilan dan sifat-sifat ilmiah.

© 2018 Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Islam Madura

Kata kunci: Praktikum Proyek; *Drosophila Melanogaster*; Pengembangan Modul; Regulasi Ekspresi Gen

Diterima: 23 November 2018 Disetujui: 25 Desember 2018 Diterbitkan: 28 Desember 2018

DOI : <https://doi.org/10.31102/wacanadidaktika.6.02.140-154>

***Correspondence Address:**

E-mail : shefadwijayanti@gmail.com
Kompleks PP. Miftahul Ulum Bettet Pamekasan 69351

How to cited:

Ramadani, S. D. (2018). Pengembangan Modul Genetika Berbasis Praktikum Proyek Memanfaatkan *Drosophila melanogaster* pada Topik Regulasi Ekspresi Gen Eukariot. *Wacana Didaktika*, 6(02), 140-154.
<https://doi.org/10.31102/wacanadidaktika.6.02.140-154>

PENDAHULUAN

Genetika adalah salah satu mata kuliah wajib yang harus ditempuh dan dikuasai mahasiswa Biologi di Perguruan Tinggi. Masing-masing konsep yang dipelajari disusun oleh masing-masing institusi secara mandiri, disesuaikan kompetensi yang hendak dicapai. Meskipun demikian, beberapa konsep utama yang lazim dipelajari tersusun secara hierarkis ke dalam tujuh konsep utama Genetika. Konsep tersebut meliputi ruang lingkup Genetika, struktur dan fungsi materi genetik, reproduksi materi genetik, kerja/ekspresi materi genetik, perubahan materi genetik, keberadaan materi genetik dalam populasi, serta perekayasaan materi genetik. Sebagai konsep yang fundamental untuk mempelajari konsep biologi lainnya, serta diikuti dengan perkembangan pengetahuan yang pesat dan relevansi yang tinggi terhadap kehidupan nyata di masyarakat, Redfield menyatakan bahwa Genetika menjadi materi yang sangat menantang bagi banyak pelajar dan pengajar (Redfield, 2012).

Meskipun demikian, Genetika bukanlah konsep yang mudah dalam Biologi. Sejumlah studi menunjukkan

bahwa genetika termasuk sebagai subjek pelajaran yang paling sulit bagi mahasiswa di perguruan tinggi (Johnstone & Mahmoud, 1980), pengajar di sekolah (Finley, Stewart, & Yarroch, 1982), serta siswa di sekolah menengah (Haambokoma, 2007). Cakupan konsep yang luas serta cukup abstrak adalah beberapa alasan yang menyebabkan konsep tersebut sulit dipahami oleh peserta didik {(Cimer, 2011); (Tekkaya, Ozkan, & Sungur, 2001); (Lazarowitz & Penso, 1992)}. Oleh karenanya, tidak mengherankan bila di bidang pengajaran saat ini, penelitian lebih banyak difokuskan kepada cara-cara menyelenggarakan pembelajaran genetika secara efektif.

Idealnya, pembelajaran di kelas dilaksanakan melalui cara-cara yang mampu mendorong keterlibatan siswa secara aktif, baik secara fisik maupun mental selama proses pembelajaran. Hal ini sejalan dengan profil lulusan sarjana dalam Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI), sesuai PP No. 08 Tahun 2012. Menurut kualifikasi tersebut, lulusan sarjana berada pada jenjang kualifikasi ke-6, sehingga para lulusannya tidak hanya

dituntut untuk memiliki penguasaan konsep secara teoritis, tetapi juga mampu mengaplikasikan konsep. Aplikasi konsep pada perkuliahan Genetika antara lain dapat dilakukan melalui kegiatan praktikum.

Banyak bukti telah dilaporkan bahwa aktivitas praktikum (*practical work*) memberikan lebih banyak manfaat dan menyenangkan dibandingkan dengan aktivitas belajar mengajar lainnya. Studi yang dilakukan oleh Martindil & Wilson menunjukkan bahwa melalui aktivitas praktikum, siswa menunjukkan perolehan pengetahuan dan pemahaman yang lebih besar dibandingkan mereka yang tidak melakukannya (Martindill & Wilson, 2015). Sejalan dengan hasil tersebut, Cerini menjelaskan bahwa sebanyak 71% dari 1400 siswa menyatakan bahwa melakukan eksperimen termasuk dalam pembelajaran yang dinilai paling menyenangkan, sementara sisanya sebesar 38% menyatakan bahwa aktivitas tersebut dinilai paling berguna dan efektif (Cerini, Murray, & Reiss, 2003).

Ada sejumlah alasan yang melandasi pentingnya penerapan

aktivitas praktikum dalam pembelajaran. *Pertama*, aktivitas praktikum mendukung visualisasi konsep yang abstrak. *Kedua*, aktivitas praktikum memberikan kesempatan untuk bekerja secara kolaboratif. *Ketiga*, aktivitas *hands-on* mendukung suasana kelas yang sangat variatif, yakni pembelajaran semi autonom dan penemuan diri, yang secara instrinsik mampu memotivasi siswa (Martindill & Wilson, 2015).

Kegiatan praktikum juga merupakan aktivitas pembelajaran yang adekuat untuk membelajarkan keterampilan ilmiah mendasar, meningkatkan pemahaman konsep, serta mengembangkan nilai-nilai ilmiah (Rustaman et al., 2005). Aktivitas praktikum yang dirancang dalam pola proyek penelitian bahkan menjadi pendekatan yang komprehensif untuk melibatkan siswa dalam menyelidiki masalah autentik (Blumenfeld et al., 1991). Sesuai dengan pendapat Kibirige, jenis aktivitas praktikum yang dipilih akan menentukan sejauh apa tujuan yang hendak dicapai; apakah sebatas keterampilan dasar atau keterampilan menyediки yang melibatkan

kemampuan berpikir tingkat tinggi (Kibirige, Rebecca, & Mavhunga, 2014).

Drosophila melanogaster, atau biasa dikenal sebagai lalat buah adalah organisme model yang dapat digunakan untuk mempelajari fenomena-fenomena dalam kajian genetik {(Mackay, 2014); (Ramadani, Corebima, & Zubaidah, 2016b); (Fauzi & Ramadani, 2017)}, tidak terkecuali pada kajian yang berkaitan dengan regulasi ekspresi gen pada eukariot {(Kristensen, Sørensen, Kruhøffer, Pedersen, & Loeschke, 2005); (Overgaard, Kristensen, Mitchell, & Hoffmann, 2011); (Parisky, Rivera, Donelson, Kotecha, & Griffith, 2016); (Ramadani, Corebima, & Zubaidah, 2016c)}. *D. melanogaster* juga disebut sebagai model yang ideal dalam mengkaji hubungan antara gen, lingkungan, dan perilaku (Donelson & Sanyal, 2015). *Drosophila* memiliki karakter yang dapat diamati dengan mudah, memiliki waktu generasi dan rentang usia yang pendek, mampu menghasilkan banyak keturunan, memiliki banyak variasi strain, memiliki genom yang berukuran kecil, serta mudah dalam pemeliharaan

{(Beckingham, Amstrong, Texada, Munjaal, & Baker, 2005); (Burke & Rose, 2009); (Hartwell, Hood, Goldberg, Reynolds, & Silver, 2011)}. Sejumlah karakteristik tersebut sangat mendukung pemanfaatan *Drosophila* dalam mengkaji ekspresi sifat makhluk hidup di bawah tekanan lingkungan tertentu, bahkan apabila dilaksanakan selama beberapa generasi sekalipun (Ramadani et al., 2016b).

Pemanfaatan *D. melanogaster* dalam aktivitas praktikum telah lama diimplementasikan, serta menjadi salah satu ciri khas dari pola pelaksanaan pembelajaran Genetika pada Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang (UM) (Fauzi & Ramadani, 2017). Aktivitas praktikum tersebut dilaksanakan dalam pola proyek penelitian, dimana mahasiswa yang ditempatkan dalam kelompok-kelompok kecil, mengatur sendiri rencana penelitian yang akan dilaksanakan, mulai dari menetapkan judul, merancang prosedur kerja, melakukan pengambilan data, sampai dengan melaporkan hasil penelitian. Oleh karena itu, para mahasiswa secara sengaja tidak diberikan petunjuk praktikum, tetapi hanya

dibekali informasi umum mengenai topik kajian yang perlu dilakukan di bawah koordinasi asisten. Melalui kegiatan semacam itu, maka berbagai konsep yang dipelajari mahasiswa tidak sebatas pemahaman teoris, tetapi juga berupa proses penemuan atas berbagai fakta, konsep, maupun prosedur.

Pola pelaksanaan pembelajaran Genetika di UM dapat dijadikan rujukan pada pembelajaran Genetika di perguruan tinggi lain yang belum memanfaatkan *D. melanogaster* maupun organisme model lainnya dalam membelajarkan berbagai fenomena genetik. Kodisi tersebut antara lain disebabkan oleh dua hal. *Pertama*, aktivitas praktikum secara sengaja tidak didesain di dalam kurikulum sehingga belum pernah dilakukan. *Kedua*, belum tersedia bahan ajar yang memadai untuk mendorong mahasiswa melaksanakan kegiatan tersebut secara mandiri.

Berdasarkan kondisi tersebut, maka perlu dilakukan pengembangan bahan ajar dalam bentuk modul untuk mengatasi ketidaktersediaan bahan ajar yang memuat uraian konsep serta aktivitas praktikum yang relevan.

Modul merupakan satu unit pembelajaran terencana yang didesain untuk membantu peserta didik mencapai kompetensi yang telah ditetapkan {(Setyosari & Effendi, 1990); (Prastowo, 2014)}. Unit program pembelajaran yang disajikan dalam bentuk modul juga bersifat *self-contained* dan *self-instruction*, sehingga materi dapat disajikan secara utuh dan lengkap sebagai bahan pembelajaran mandiri (Hernawan, Permasih, & Dewi, 2010).

Modul Genetika berbasis praktikum proyek diharapkan dapat membantu mahasiswa untuk memahami konsep regulasi ekspresi gen secara utuh, karena tidak hanya berisi tentang uraian materi tetapi juga ditunjang dengan aktivitas penemuan melalui praktikum proyek. Informasi yang disajikan dalam modul tersebut dapat pula membuka peluang bagi para mahasiswa untuk menemukan ide-ide kreatif lainnya untuk mengungkap pengaruh faktor-faktor lingkungan dalam mempengaruhi ekspresi sifat pada *D. melanogaster*.

METODE

Modul pembelajaran disusun menggunakan model pengembangan ADDIE. Sesuai dengan namanya, model pengembangan ini terdiri atas lima tahapan utama yaitu *Analyze*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*. Model ADDIE dipilih karena memberi kesempatan kepada pengembang untuk melakukan revisi (evaluasi) secara terus menerus dalam setiap tahap pengembangan yang dilalui (Gambar 1), sehingga produk yang dihasilkan menjadi lebih baik. Model ADDIE juga memuat tahapan yang relatif sederhana namun dirancang secara sistematis, memuat kerangka panduan yang sangat bermanfaat pada situasi kompleks sekalipun, serta sesuai untuk digunakan dalam pengembangan produk pembelajaran maupun sumber belajar lainnya.

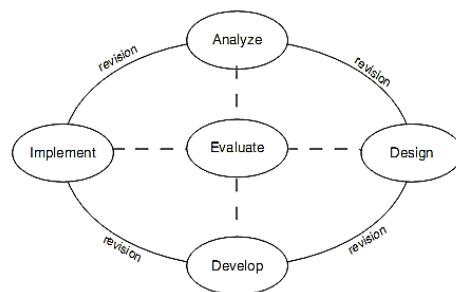
1. Tahap Analisis (*Analyze*)

Analisis dilakukan untuk mengidentifikasi kemungkinan penyebab munculnya kesenjangan dalam prestasi. Analisis dilakukan terhadap proses pembelajaran Genetika di beberapa perguruan tinggi di Malang, dokumen kurikulum

(meliputi: Rencana Perkuliahannya Semester/RPS dan RPP), karakteristik mahasiswa, serta karakteristik sumber belajar yang dibutuhkan.

2. Tahap Perancangan Desain Produk (*Design*)

Tahap perancangan desain modul dilakukan dengan menyelaraskan antara kebutuhan, tujuan pembelajaran, materi, aktivitas belajar, serta penilaian hasil belajar. Format yang digunakan yakni mengikuti format penyusunan modul pembelajaran.



Gambar 1. Alur model pengembangan ADDIE (Branch, 2009).

3. Tahap Pengembangan Produk (*Develop*)

Tahap ini dilakukan untuk menghasilkan modul yang telah dirancang sebelumnya. Beberapa tahapan yang dilakukan yaitu menyusun rencana pembelajaran, mengembangkan isi produk, menyeleksi dan mengembangkan media yang diperlukan untuk memfasilitasi proses pembelajaran,

mengembangkan petunjuk penggunaan modul bagi mahasiswa dan dosen, mengembangkan instrumen evaluasi untuk menilai kelayakan hasil pengembangan produk, dilanjutkan dengan revisi atas produk yang telah dikembangkan.

4. Tahap Penerapan (*Implement*)

Tahap implementasi dilakukan untuk menguji kelayakan modul kepada pihak-pihak yang terlibat dalam pelaksanaan pembelajaran sesungguhnya. Uji coba terhadap 15 mahasiswa jurusan Biologi UM yang telah menempuh matakuliah Genetika dilakukan pada tahap ini. Segala masukan serta komentar yang disampaikan oleh mahasiswa pada tahap ini juga digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk melakukan perbaikan modul.

5. Tahap Evaluasi (*Evaluation*)

Tahap evaluasi bertujuan untuk menilai kelayakan modul, baik selama proses pengembangan berlangsung maupun setelah tahap implementasi dilakukan. Penilaian kualitas modul dilakukan melalui proses validasi oleh ahli isi materi serta ahli pengembangan bahan ajar. Validasi ahli materi dilakukan oleh dua dosen yang

merupakan guru besar di bidang ilmu Genetika; sementara validasi ahli pengembangan bahan ajar dilakukan oleh seorang dosen yang merupakan guru besar bidang pendidikan Biologi. Selain untuk mengetahui kelayakan modul, masukan dari validator juga digunakan sebagai bahan refleksi serta perbaikan terhadap kualitas modul yang dikembangkan. Skor dari hasil validasi selanjutnya dianalisis sebagai berikut.

$$P = \frac{\sum(\text{keseluruhan skor jawaban angket})}{n \times \text{bobot tertinggi}} \times 100\%$$

Keterangan:

P = persentase penilaian

n = jumlah seluruh kriteria penilaian

Hasil yang diperoleh kemudian dirujuk pada kriteria kelayakan bahan ajar (Tabel 1).

Tabel 1. Kriteria kelayakan bahan ajar

Tingkat Pencapaian (%)	Kualifikasi Kelayakan
85-100	Layak dengan predikat sangat baik
65-84	Layak dengan predikat baik
45-64	Layak dengan predikat cukup
0-44	Tidak layak

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut pemaparan hasil penelitian dan pengembangan modul Genetika menggunakan model ADDIE.

1. *Analyze*

Pada tahap analisis diperoleh informasi sebagai berikut.

- a. Analisis terhadap proses pembelajaran
 - 1) Pembelajaran Genetika masih lebih banyak dilaksanakan secara konvensional melalui metode ceramah, serta diskusi dan presentasi.
 - 2) Kegiatan praktikum, termasuk yang berpola proyek penelitian belum pernah dilakukan untuk menunjang kegiatan pembelajaran.
 - 3) *D. Melanogaster* atau organisme lain belum pernah dimanfaatkan sebagai organisme model dalam mengkaji berbagai fenomena genetik.
 - 4) Mahasiswa tidak memiliki sumber bacaan ideal seperti modul dan panduan pelaksanaan praktikum untuk memahami konsep yang dipelajari secara lebih baik.
 - 5) Dosen membutuhkan bahan ajar tambahan untuk digunakan dalam perkuliahan genetika, serta panduan untuk melaksanakan praktikum.
- b. Analisis terhadap kurikulum
 - 1) Salah satu kompetensi dasar yang disusun oleh banyak Perguruan Tinggi dan dirasa cukup sulit bagi mahasiswa yaitu pada kompetensi “memahami konsep regulasi ekspresi gen pada eukariot”. Kompetensi lainnya yang perlu ditambahkan yaitu “memahami aplikasi konsep melalui kegiatan praktikum”.
 - 2) Kompetensi yang terkait aplikasi konsep dapat diperinci menjadi lebih spesifik berdasarkan keterampilan dan sikap yang diperlukan dalam berproses ilmiah.
- c. Karakteristik mahasiswa
 - 1) Mahasiswa berasal dari latar belakang dan kemampuan yang beragam, sehingga diperlukan sumber belajar yang lengkap serta menggunakan bahasa yang lebih mudah dipahami.
 - 2) Mahasiswa dinilai mampu untuk melakukan kegiatan praktikum berpola proyek penelitian.
- d. Karakteristik sumber belajar yang dibutuhkan
 - 1) Berisi uraian materi yang mudah dipahami dan digunakan oleh mahasiswa.

- 2) Memuat informasi mengenai pemanfaatan dan pemeliharaan *D. melanogaster*.
- 3) Memuat panduan untuk melaksanakan kegiatan praktikum dalam pola proyek penelitian.

2. *Design*

Hasil tahap analisis menunjukkan bahwa dibutuhkan modul berbasis praktikum proyek pada topik regulasi ekspresi gen pada eukariot. Modul disusun dalam 4 kegiatan belajar yang berbeda, yaitu sebagai berikut.

- a. Kegiatan belajar 1: Cara regulasi ekspresi gen pada eukariot
- b. Kegiatan belajar 2: Peranan faktor biologis dan faktor lingkungan dalam mempengaruhi regulasi ekspresi gen pada eukariot
- c. Kegiatan belajar 3: Pemanfaatan *D. melanogaster* sebagai organisme model dalam mempelajari pengaruh faktor lingkungan terhadap ekspresi sifat makhluk hidup
- d. Kegiatan belajar 4: Proyek mandiri.

Secara lengkap, struktur modul terdiri atas judul, kata pengantar, daftar isi, pendahuluan, petunjuk

penggunaan, kegiatan belajar, kunci jawaban, daftar pustaka, dan identitas penulis. Masing-masing kegiatan belajar memuat topik, kompetensi, uraian materi, rangkuman, tes formatif, umpan balik dan tindak lanjut. Hasil akhir dari tahap *design* (perancangan) menghasilkan desain awal modul yang akan digunakan sebagai acuan dalam mengembangkan isi modul.

3. *Develop*

Tahap pengembangan dilakukan dengan mengembangkan isi modul sesuai dengan rancangan yang telah dibuat, serta mengembangkan instrumen evaluasi untuk menilai kelayakan hasil pengembangan produk, dilanjutkan dengan revisi atas produk yang telah dikembangkan.

4. *Implement*

Uji kelayakan modul oleh kelompok mahasiswa pada tahap implementasi difokuskan pada 4 komponen utama yaitu: (1) penyajian modul, (2) kelengkapan isi modul, (3) penggunaan bahasa, dan (4) fungsi modul sebagai sumber belajar mandiri. Seluruh komponen tersebut dijabarkan menjadi 18 aspek penilaian antara lain mencakup kemenarikan *layout*, kejelasan gambar dan isi tulisan,

kemudahan dalam penggunaan, kejelasan kompetensi, kejelasan dan kelengkapan isi materi yang disampaikan, ketepatan bahasa, kemutakhiran referensi, serta ketersediaan umpan balik. Ringkasan hasil uji kelayakan modul oleh kelompok mahasiswa pada tahap implementasi ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan hasil uji coba kelompok kecil

Komponen yang Dinilai	ΣX	ΣX_i	%	Kualifikasi
				Kelayakan
Penyajian Modul	158	180	87,8	Sangat baik
Kelengkapan isi Modul	495	540	91,7	Sangat baik
Penggunaan Bahasa	159	180	88,3	Sangat baik
Fungsi modul sebagai sumber belajar mandiri	163	180	90,5	Sangat baik
Jumlah	975	1080	90,3	Sangat baik

Keterangan:

ΣX = jumlah skor penilaian responden dalam satu item

ΣX_i = jumlah skor penilaian ideal dalam satu item

Pada Tabel 2 diketahui bahwa persentase kelayakan modul dari uji coba kelompok kecil yaitu sebesar 90,3%. Nilai persentase tersebut lebih besar dari 85%, sehingga memenuhi kriteria layak dengan kualifikasi sangat baik.

5. Evaluation

Penilaian modul oleh dosen ahli materi difokuskan pada 7 komponen utama penilaian, meliputi: (1) cakupan materi, (2) akurasi isi materi, (3) kemutakhiran isi materi, (4) ketepatan isi modul, (5) penyajian isi, (6) penggunaan bahasa, dan (7) penggunaan istilah dan simbol/lambang. Masing-masing komponen dijabarkan sehingga dihasilkan total sebanyak 50 item penilaian. Ringkasan hasil validasi oleh ahli materi ditunjukkan pada Tabel 3.

Penilaian modul oleh dosen ahli pengembangan bahan ajar meliputi pengecekan terhadap kelengkapan modul dan penilaian kelayakan modul. Aspek penilaian difokuskan pada 3 komponen utama yang meliputi: (1) ketepatan isi modul, (2) penyajian isi modul, dan (3) kegrafisan modul. Masing-masing komponen diperinci menjadi total sebanyak 37 item penilaian. Ringkasan hasil validasi oleh ahli pengembangan bahan ajar ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 3. Rekapitulasi Data Kuantitatif Hasil Validasi oleh Ahli Materi terhadap Modul

Komponen yang Dinilai	$\sum X_{(1)}$ (2)	$\sum X_i$	%	Kualifikasi Kelayakan
Cakupan materi	23	24	95,8	Sangat Baik
Akurasi isi materi	23	24	95,8	Sangat Baik
Kemutakhiran isi materi	23	24	95,8	Sangat Baik
Ketepatan isi modul	126	136	91,9	Sangat Baik
Penyajian isi modul	36	40	90	Sangat Baik
Penggunaan bahasa	20	24	83,3	Baik
Penggunaan istilah dan simbol/lambang	23	24	95,8	Sangat Baik
Jumlah	273	296	92,2	Sangat Baik

Keterangan:

 $\sum X_n$ = jumlah skor penilaian validator ke-n dalam satu item $\sum X_i$ = jumlah skor penilaian ideal dalam satu item**Tabel 4** .Ringkasan hasil validasi oleh ahli pengembangan bahan ajar

Aspek yang Dinilai	$\sum X$	$\sum X_i$	(%)	Kualifikasi Kelayakan
Ketepatan isi modul	153	162	94,4	Sangat baik
Penyajian Isi Modul	14	16	87,5	Sangat baik
Kegrafisan Modul	31	36	86,1	Sangat baik
Jumlah	198	214	92,5	Sangat baik

Keterangan:

 $\sum X$ = jumlah skor penilaian validator dalam satu item $\sum X_i$ = jumlah skor penilaian ideal dalam satu item

Hasil validasi oleh ahli materi dan ahli pengembangan bahan ajar masing-masing yaitu sebesar 92,2% dan 92,5%. Keduanya lebih besar dari 85%, sehingga modul dinilai layak

dengan kualifikasi sangat baik. Meskipun demikian, masukan dari validator tetap dimanfaatkan sebagai bahan perbaikan untuk menyempurnakan modul.

Modul yang dilengkapi dengan aktivitas praktikum berbasis proyek memiliki nilai tambah bagi peningkatan sejumlah keterampilan mahasiswa. Selain berpotensi untuk meningkatkan retensi jangka panjang terhadap pengetahuan, keterampilan, dan sikap; melalui aktivitas praktikum mahasiswa memiliki kesempatan lebih banyak untuk meningkatkan kemampuan bekerja secara kolaboratif dalam kelompok. Keuntungan semacam ini memberikan implikasi yang sangat besar terutama dalam menyiapkan para lulusan untuk berhasil dalam berkarir maupun hidup di dalam masyarakat (Cortese, 2003).

Sejalan dengan paparan di atas, penyusunan modul Genetika, terutama pada pokok bahasan regulasi ekspresi gen eukariot dilakukan untuk menunjang ketersediaan bahan ajar yang memadai bagi mahasiswa untuk terlibat aktif, baik secara fisik maupun mental dalam mencapai kompetensi yang diharapkan. Kebutuhan ini

semakin diperkuat di tengah kenyataan bahwa pembelajaran Genetika pada banyak perguruan tinggi masih belum ditunjang dengan aktivitas praktikum.

Modul pada topik regulasi ekspresi gen berisi uraian materi yang dikompilasi dengan proses dan hasil dari penelitian eksperimental oleh (Ramadani, Corebima, & Zubaidah, 2016a). Komponen modul yang disusun telah memuat semua komponen yang disarankan meliputi: petunjuk belajar, kompetensi yang akan dicapai, isi materi, informasi pendukung, petunjuk kerja atau lembar kerja, evaluasi, dan umpan balik terhadap hasil evaluasi (Depdiknas, 2008).

Validasi modul oleh ahli materi dan ahli pengembangan bahan ajar menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dari hasil uji kelompok kecil. Hasil penilaian menunjukkan bahwa modul dinilai layak dengan kualifikasi sangat baik. Meskipun demikian, komentar serta masukan dari validator tetap digunakan sebagai bahan perbaikan untuk menyempurnakan modul.

Pemanfaatan modul Genetika pada topik regulasi ekspresi gen

dengan demikian sangat dianjurkan untuk digunakan terutama oleh perguruan tinggi yang memiliki keterbatasan bahan bacaan maupun petunjuk melaksanakan praktikum memanfaatkan *D. melanogaster* dalam pola proyek penelitian. Melalui praktikum proyek, mahasiswa dilatih untuk berpikir, bekerja, dan bersikap secara ilmiah dalam mempelajari alam layaknya imuwan (Benner, 2011).

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh melalui kegiatan praktikum berpola proyek penelitian bagi pelajar yaitu: (1) membangkitkan motivasi pelajar melalui proses penemuan, (2) membantu pelajar dalam membangun konsep, (3) mengembangkan keterampilan manipulatif, (4) mengembangkan pengetahuan tentang teknik-teknik dasar, (5) memberikan pemahaman umum mengenai cara pengolahan data, (6) memberdayakan keterampilan lainnya (seperti keterampilan menganalisis, mengevaluasi, merencanakan, mengaplikasikan, berhitung matematis, dll.), serta (7) memahami bagaimana sains bekerja (bahwa dilakukan melalui proses ilmiah, kerja secara kolaboratif, hasil yang dapat diulang, pengujian

secara jujur, dan lain-lain. Manfaat ini juga telah dikonfirmasi oleh banyak penelitian diantaranya {(Kibirige & Hodi, 2013); (Kibirige et al., 2014); (Fauzi & Ramadani, 2017)}.

Berdasarkan uraian tersebut, maka sudah jelas bahwa praktikum merupakan bagian integral dalam proses pembelajaran, sehingga diharapkan menjadi pertimbangan bagi pengajar termasuk di bidang genetika. Pengembangan modul dalam penelitian ini diharapkan menjadi solusi bagi ketersediaan sumber belajar yang mampu mengakomodasi antara kebutuhan bahan bacaan yang lengkap, sesuai dengan karakteristik dan kebutuhan mahasiswa; serta memuat aktivitas praktikum berpola proyek penelitian untuk pembelajaran Genetika di Perguruan Tinggi.

SIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan modul Genetika berbasis praktikum proyek menggunakan *D. melanogaster* pada topik regulasi ekspresi gen pada eukariot. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase penilaian dari uji coba kelompok kecil

yaitu sebesar 90,8%; sementara hasil validasi oleh ahli materi dan ahli pengembangan bahan ajar masing-masing sebesar 92,2% dan 92,5%. Hal ini berarti bahwa modul yang dikembangkan dinilai layak dengan kualifikasi sangat baik.

BIBLIOGRAPHY

- Beckingham, K. M., Armstrong, J. D., Texada, M. J., Munjaal, R., & Baker, D. A. (2005). *Drosophila melanogaster: the model organism of choice for the complex biology of multicellular organisms*. *Gravit Space Biol Bull*, 18(12), 1–29.
- Benner, A. D. (2011). Latino Adolescents' Loneliness, Academic Performance, and the Buffering Nature of Friendships. *J Youth Adolesc*, 40(5), 556–567. <https://doi.org/10.1007/s10964-010-9561-2>
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26(3–4), 369–398.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. New York: Springer Science Business Media.
- Burke, M. K., & Rose, M. R. (2009). Burke MK dan Rose MR, 2009. *Experimental Evolution with*

- Drosophila. *Am. J Physiol Regul Integr Physiol*, 296(6), R1847–R1854.
- Cerini, B., Murray, I., & Reiss, M. (2003). *Student review of the science curriculum: Major findings*. London: Planet science.
- Cimer, A. (2011). What Makes Biology Learning Difficult and effective: Students View. *Journal of Educational Research and Reviews*, 7(3), 61–71.
- Cortese, A. D. (2003). The critical role of higher education in creating a sustainable future. *Planning for Higher Education*, 31(3), 15–22.
- Depdiknas. (2008). *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta: Depdiknas.
- Donelson, N. C., & Sanyal, S. (2015). Use of Drosophila in the investigation of sleep disorders. *Experimental Neurology*, 27(4), 72–79.
- Fauzi, A., & Ramadani, S. D. (2017). Learning the genetics concepts through project activities using Drosophila melanogaster: a qualitative descriptive study. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 3(3), 238–247.
- Finley, F. N., Stewart, J., & Yarroch, W. L. (1982). Teachers' perceptions of important and difficult science content. *Science Education*, 66(4), 531–538.
- Haambokoma, C. (2007). Nature and causes of learning difficulties in genetics at high school level in Zambia. *Journal of International Development and Cooperation*, 13(1), 1–9.
- Hartwell, L. H., Hood, L., Goldberg, M. L., Reynolds, A. E., & Silver, L. M. (2011). *Genetics: from Genes to Genome* (Fourth). McGraw-Hill Higher Education.
- Hernawan, A. H., Permasih, & Dewi, L. (2010). Pengembangan Bahan Ajar. Retrieved January 8, 2018, from http://file.upi.edu/Direktori/FIP/JUR_kurikulum_dan_tek._pendidikan/194601291981012-permasih/pengembangan_bahan_ajar.pdf
- Johnstone, A. H., & Mahmoud, N. (1980). Isolating topics of high perceived difficulty school biology. *Journal of Biological Education*, 14(2), 163–166.
- Kibirige, I., & Hodi, T. (2013). Learners' performance in Physical Sciences using laboratory investigations. *International Journal of Educational Sciences*, 5(4), 425–432.
- Kibirige, I., Rebecca, M. M., & Mavhunga, F. (2014). Effect of Practical Work on Grade 10 Learners' Performance in Science in Mankweng Circuit, South Africa. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 5(23), 1568.
- Kristensen, T. N., Sørensen, P., Kruhøffer, M., Pedersen, K. S., & Loeschke, V. (2005). Genome-wide analysis on inbreeding effects on gene expression. *Drosophila Melanogaster Genetics*, 171(1), 157–167.
- Lazarowitz, R., & Penso, S. (1992). High school students' difficulties in learning biology concepts.

- Journal of Biology Education*, 26(3), 215–224.
- Mackay, T. F. (2014). Epistasis and quantitative traits: using model organisms to study gene–gene interactions. *Nature Reviews Genetics*, 15(1), 22.
- Martindill, D., & Wilson, E. (2015). Rhetoric or reality? A case study into how, if at all, practical work supports learning in the classroom. *International Journal for Lesson and Learning Studies*, 4(1), 39–55.
- Overgaard, J., Kristensen, T. N., Mitchell, K. A., & Hoffmann, A. A. (2011). Thermal tolerance in widespread and tropical *Drosophila* species: does phenotypic plasticity increase with latitude? *The American Naturalist*, 178(1), S80–S96.
- Parisky, K. M., Rivera, J. L. A., Donelson, N. C., Kotecha, S., & Griffith, L. C. (2016). Reorganization of sleep by temperature in *Drosophila* requires light, the homeostat, and the circadian clock. *Current Biology*, 26(7), 882–892.
- Prastowo, A. (2014). *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: DIVA Press.
- Ramadani, S. D., Corebima, A. D., & Zubaidah, S. (2016a). Pemanfaatan *Drosophila melanogaster* sebagai organisme model untuk mempelajari pengaruh faktor lingkungan terhadap ekspresi sifat makhluk hidup pada perkuliahan Genetika. *Journal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 1(5), 806–813.
- Ramadani, S. D., Corebima, A. D., & Zubaidah, S. (2016b). The Effect of Dark Condition on the Fecundity and Development Time of *Drosophila melanogaster*, Strains of Wild Type, White, and Ebony for Several Generations. *Journal of Research in Agriculture and Animal Science*, 4(2), 01–10.
- Ramadani, S. D., Corebima, A. D., & Zubaidah, S. (2016c). Waktu perkembangan *Drosophila melanogaster* strain normal, white, dan ebony pada kondisi lingkungan gelap konstan. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi* (pp. 978–602).
- Redfield, R. J. (2012). “Why do we have to learn this stuff?”—a new genetics for 21st century students. *PLoS Biology*, 10(7), e1001356.
- Rustaman, N., Dirdjosoemarto, S., Yudianto, S. A., Achmad, Y., Subekti, R., Rochintaniawati, D., & Nurjhani, M. (2005). *Strategi belajar mengajar biologi*. Malang: UM Press.
- Setyosari, P., & Effendi, M. (1990). *Pengajaran Modul*. Malang: Depdikbud.
- Tekkaya, C., Ozkan, O., & Sungur, S. (2001). Biology Concepts Perceived as Difficult by Turkish High School Students. *Hacettepe Univ. J. Educ*, 21(21), 145–150.