

PENGEMBANGAN MODUL PENGAYAAN POLIPLOIDI TANAMAN BAWANG MERAH (*Allium ascalonicum* L.) UNTUK SISWA KELAS XII SMA

*DEVELOPMENT OF ENRICHMENT MODULE OF POLYPLOIDY ON SHALLOT (*Allium ascalonicum* L.) FOR XIIth GRADE*

Oleh: Fajar Faozathul Khikmah¹, Pendidikan Biologi, FMIPA, UNY

faozathulfajar@gmail.com

Suratsih, M.Si.², suratsih_h@yahoo.co.id

¹ mahasiswa pendidikan biologi UNY

² dosen pendidikan biologi UNY

Abstrak

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama perendaman dan konsentrasi kolkisin terhadap poliploidi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) dan mengetahui kelayakan modul pengayaan berdasarkan penilaian ahli materi, ahli media, guru biologi, dan tanggapan siswa. Penelitian merupakan penelitian pengembangan dengan modifikasi model ADDIE. Implementasi dilakukan secara terbatas kepada 2 guru biologi dan 20 siswa kelas XII SMA N 1 Kebumen untuk mengetahui kelayakan modul pengayaan. Data kualitatif kelayakan modul diolah menjadi data kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama perendaman dan konsentrasi kolkisin berpengaruh terhadap poliploidi bawang merah. Hasil penelitian berpotensi sebagai bahan ajar dalam bentuk modul pengayaan. Hasil *review* modul oleh ahli materi menunjukkan nilai 94,87 materi di dalam modul benar. Hasil *review* modul termasuk dalam kategori layak dengan nilai 77,56 dari ahli media, sangat layak dari guru biologi, dan layak menurut tanggapan siswa. Keseluruhan hasil penilaian menunjukkan bahwa modul poliploidi layak digunakan sebagai bahan ajar dalam program pengayaan siswa kelas XII SMA.

Kata kunci: kelayakan, kolkisin, modul pengayaan, poliploidi

Abstract

*The objectives of this research were to determine the influence of immersing duration and colchicine concentration on shallot polyploidy (*Allium ascalonicum* L.) and to determine the enrichment module feasibility based on assessment of material experts, biology teachers, and response of students. The research was development research with ADDIE model modification. The implementation conducted limitedly to 2 biology teachers and twenty 12th grade students of Senior High School of 1 Kebumen to determine the enrichment module feasibility. Qualitative data of enrichment module feasibility were processed into quantitative data. The results showed that immersing duration and colchicine concentration had effects on shallot polyploidy. Research results potentially as teaching materials in the form of enrichment module. The result of module review by material experts showed that 94,87 materials in the module were correct. The module review by media experts showed that module was eligible with 77,56 in score, also highly eligible according to biology teachers and eligible according to response of students. The overall assessment results showed that polyploidy module is eligible as teaching material in enrichment program for 12th grade students.*

Keywords: feasibility, colchicine, enrichment module, polyploidy.

PENDAHULUAN

Mutasi adalah peristiwa perubahan genetik di dalam tubuh makhluk hidup. Salah satu jenis mutasi yang terjadi pada tanaman adalah mutasi kromosom. Mutasi kromosom dapat berupa perubahan jumlah kromosom yang menjadi berlipat, disebut poliploidi. Fenomena ini

dapat terjadi secara alami maupun buatan. Secara buatan, poliploidi dapat diperoleh dengan cara induksi menggunakan kolkisin dengan konsentrasi dan lama perendaman tertentu (Suryo, 2007: 222). Konsentrasi kritis dan lama perendaman yang tepat dapat memicu terjadinya poliploidi pada tanaman, sedangkan konsentrasi

yang terlalu rendah atau tinggi dengan lama perendaman yang tidak tepat tidak dapat memicu terjadinya poliploidi atau dapat merusak kromosom makhluk hidup. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian pengaruh lama perendaman dan konsentrasi kolkisin terhadap poliploidi tanaman. Tanaman yang mudah diaplikasikan kolkisin untuk melihat pengaruh poliploidi adalah tanaman bawang merah karena memiliki jumlah kromosom yang sedikit dan berukuran cukup besar sehingga mudah untuk diamati (Suminah *et al.*, 2002: 178).

Mutasi merupakan salah satu materi pembelajaran biologi di SMA kelas XII, yaitu K.D. 3.8 menganalisis peristiwa mutasi pada makhluk hidup. Pembelajaran mutasi di sebagian besar sekolah masih belum banyak memberikan pengalaman dalam kegiatan eksplorasi atau eksperimen, termasuk eksperimen terjadinya mutasi pada tanaman, yaitu poliploidi. Ada banyak cara untuk membuat tanaman diploid menjadi poliploid, satu diantaranya melalui induksi menggunakan kolkisin dengan konsentrasi dan lama perendaman tertentu. Prosedur ini cukup sederhana bila dilakukan dalam pembelajaran oleh siswa. Akan tetapi, sebagian besar pembelajaran biologi di SMA tidak melakukan kegiatan ini karena keterbatasan-keterbatasan tertentu, antara lain: alokasi waktu pembelajaran yang singkat untuk materi mutasi yaitu empat kali pertemuan, guru kurang berpengalaman dalam melaksanakan kegiatan tersebut, keterbatasan bahan praktikum, serta penyelesaian materi pembelajaran yang dipercepat untuk persiapan ujian nasional kelas XII SMA.

Berdasarkan wawancara dengan guru biologi SMA Negeri 1 Kebumen, kondisi pembelajaran yang terjadi saat ini, termasuk pembelajaran materi mutasi, adalah guru hanya memberikan program remedial bagi siswa yang belum mencapai nilai KKM, tetapi tidak memberikan program pengayaan bagi siswa yang sudah mencapai nilai KKM. Guru memiliki berbagai alasan tidak memberikan program pengayaan, antara lain: kurangnya waktu yang tersedia untuk mengadakan program pengayaan

dan masih terbatasnya bahan ajar yang digunakan untuk program pengayaan. Keterbatasan tersebut dapat diatasi dengan cara pemberian bahan ajar berupa modul pengayaan untuk siswa yang telah mencapai KKM materi mutasi. Subali (2009: 38) menyatakan bahwa guru dapat menggunakan modul untuk mengambiah pengalaman siswa dalam program pengayaan. Pemilihan bahan ajar berupa modul tersebut cocok digunakan karena modul merupakan bahan ajar yang bersifat *self instructional* atau mandiri sehingga tidak bergantung pada guru dalam pembelajarannya dan waktu penggunaan modul dapat disesuaikan dengan kemampuan siswa (Purwanto & Lasmono, 2007: 9).

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh lama perendaman dan konsentrasi kolkisin terhadap poliploidi tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.), mengetahui kelayakan modul pengayaan pengaruh lama perendaman dan konsentrasi kolkisin terhadap poliploidi tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) untuk siswa kelas XII SMA berdasarkan penilaian ahli materi, ahli media, guru biologi, dan tanggapan siswa. Hasil penelitian berupa modul pengayaan diharapkan dapat memfasilitasi siswa agar dapat belajar mandiri dan menambah wawasan poliploidi pada tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) akibat perlakuan perendaman menggunakan kolkisin.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri atas tiga tahap, yaitu penelitian biologi mengenai pengaruh lama perendaman dan konsentrasi kolkisin terhadap poliploidi tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.), analisis potensi hasil penelitian sebagai sumber belajar, dan pengembangan modul pengayaan berdasarkan data hasil penelitian pengaruh lama perendaman dan konsentrasi kolkisin terhadap poliploidi tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). Rincian dari tahap-tahap tersebut dijelaskan sebagai berikut.

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain penelitian eksperimen dan *Research and Development* model ADDIE terbatas pada tahap *Development*.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian biologi dilaksanakan mulai 1 Maret 2018 hingga 6 April 2018 di laboratorium Riset dan Pengembangan, FMIPA UNY dan laboratorium Genetika dan Pemuliaan Tanaman, Fakultas Biologi UGM. Penulisan draf modul pengayaan dilaksanakan pada tanggal 15 Februari sampai dengan 18 April 2018. Uji coba secara terbatas dilaksanakan pada tanggal 20 April sampai dengan 11 Mei 2018. Penulisan draf modul pengayaan dilakukan di Jurusan Pendidikan Biologi, FMIPA, UNY. Uji coba secara terbatas dilakukan di SMA Negeri 1 Kebumen, Jalan Mayjend Sutoyo 7 Kebumen.

Subjek dan Objek Penelitian

Objek penelitian biologi yaitu bawang merah. Populasi penelitian adalah semua bawang merah (*Allium ascalonicum* L.), sedangkan sampel penelitian adalah bawang merah yang ditumbuhkan pada media air sebanyak sepuluh umbi. Sampel penelitian diambil secara acak (*random sampling*).

Subjek penelitian pengembangan modul terdiri atas responden dan *reviewer*. Pemilihan responden dilakukan dengan teknik *purposive sampling*. Responden terdiri atas siswa kelas XII SMA Negeri 1 Kebumen yang telah mencapai nilai KKM pada materi mutasi untuk memberikan tanggapan terhadap kemudahan memahami materi, penyajian, kebahasaan, dan kegrafisan modul pengayaan. *Reviewer* terdiri atas dua ahli materi, dua ahli media, dan dua guru biologi SMA Negeri 1 Kebumen. Ahli media dan guru biologi dipilih untuk memberikan penilaian pada aspek kelayakan isi, aspek kebahasaan, aspek penyajian, dan aspek kegrafisan. Ahli materi dipilih untuk meninjau dan menilai isi materi dalam modul yaitu poliploidi dan pengaruh lama

perendaman dan konsentrasi kolkisin terhadap poliploidi tanaman bawang merah.

Objek penelitian berupa produk penelitian yaitu modul pengayaan pengaruh lama perendaman dan konsentrasi kolkisin terhadap poliploidi tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.).

Prosedur

Prosedur kerja penelitian ini terdiri atas tiga tahap sebagai berikut.

A. Penelitian Pengaruh Lama Perendaman dan Konsentrasi Kolkisin terhadap Poliploidi Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.)

Prosedur penelitian ini mengikuti langkah penelitian yang diadaptasi dari Adisewoyo *et al.* (2016: 7-8), yaitu: penumbuhan akar bawang merah (*Allium ascalonicum* L.), penyiapan larutan kolkisin, perendaman akar bawang merah menggunakan kolkisin sesuai perlakuan tabel 1, pembuatan preparat *squash* ujung akar bawang merah dan pengamatan.

Tabel 1. Jenis Perlakuan

Lama perendaman (L)	Konsentrasi (K)			
	0 % (0)	0,025% (1)	0,050% (2)	0,075% (3)
12 jam (1)	-	K1L1	K2L1	K3L1
18 jam (2)	-	K1L2	K2L2	K3L2
24 jam (3)	K0L3	K1L3	K2L3	K3L3

B. Analisis Potensi Hasil Penelitian Sebagai Sumber Belajar Biologi

Hasil penelitian dianalisis potensinya sebagai sumber belajar melalui tahapan-tahapan: identifikasi proses dan produk penelitian, seleksi dan modifikasi hasil penelitian sebagai sumber belajar biologi, dan penerapan dan pengembangan hasil penelitian sebagai sumber belajar ke dalam organisasi instruksional.

C. Pengembangan Modul Pengayaan

Pengemasan hasil penelitian sebagai bahan ajar dalam bentuk modul pengayaan dilakukan melalui tahap: analisis, desain, pengembangan sebagai berikut.

1. Analisis

Tahap analisis terdiri atas: 1) analisis kompetensi untuk mengidentifikasi kedalaman dan keluasan kompetensi yang harus dikembangkan sesuai dengan kurikulum 2013, 2) analisis karakteristik siswa untuk mengetahui kondisi dan karakteristik siswa yang akan menggunakan modul pengayaan, yaitu siswa kelas XII SMA yang telah mencapai nilai KKM pada materi mutasi, serta 3) analisis instruksional (pembelajaran) yang dilakukan dengan cara menjabarkan kompetensi dasar menjadi indikator pembelajaran kemudian menentukan urutannya untuk disusun menjadi modul pengayaan dengan topik bahasan pengaruh lama perendaman dan konsentrasi kolkisin terhadap poliploidi tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.).

2. Desain

Tahap desain merupakan proses penyusunan dan pengorganisasian materi pembelajaran dari suatu kompetensi atau sub kompetensi menjadi satu kesatuan yang sistematis. Tahap desain terdiri atas penulisan draf kerangka struktur modul pengayaan, penulisan draf sistematika modul pengayaan, dan perancangan alat evaluasi.

3. Pengembangan

Tahap pengembangan terdiri atas enam langkah, yaitu prapenulisan, penulisan draf, penyuntingan 1, revisi 1, uji coba terbatas, dan revisi 2. Tahap prapenulisan mengkaji fakta dan konsep hasil penelitian pengaruh lama perendaman dan konsentrasi kolkisin terhadap poliploidi tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). Penulisan draf dilakukan sesuai dengan kerangka modul yang telah disusun dan dikonsultasikan kepada dosen pembimbing. Penyuntingan 1 dilakukan oleh *reviewer* untuk meninjau kebenaran konsep, kelayakan isi, penyajian, kebahasaan, dan kegrafisan. Revisi 1 dilakukan dengan cara memperbaiki draf modul yang telah disunting sesuai dengan masukan dan saran dari *reviewer*. Uji coba terbatas modul dilakukan untuk mengetahui kelayakan modul oleh 2 guru biologi dan 20 siswa kelas XII SMA Negeri 1 Kebumen. Revisi 2 dilakukan terhadap modul yang telah diujicobakan secara terbatas sesuai masukan dari guru dan siswa.

Instrumen Penelitian

Penelitian pengaruh lama perendaman dan konsentrasi kolkisin terhadap poliploidi tanaman bawang merah menggunakan alat-alat, antara lain: atas cawan petri, gelas kimia, erlenmeyer, pipet tetes, pipet ukur, botol sampel, gelas benda, gelas penutup, silet, kuas, timbangan analitik, gelas arloji, spatula, *hotplate* dan *magnetic stirrer*, lemari es, oven, mikroskop, dan perangkat Optilab. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian, antara lain: bawang merah (*Allium ascalonicum* L.), kolkisin, aquadest, HCl 1 N, pewarna aseto orcein 1%, asam asetat glasial 45%, kuteks, dan minyak imersi.

Penelitian pengembangan modul pengayaan menggunakan instrumen penelitian berupa angket. Angket untuk ahli materi berupa butir kebenaran konsep yang disajikan menggunakan skala *Guttman* dengan alternatif pilihan jawaban benar atau salah. Angket untuk ahli media dan guru biologi mengacu pada aspek kelayakan isi, penyajian, kebahasaan, dan kegrafisan menggunakan skala *Likert* dengan alternatif pilihan Sangat Baik (SB), Baik (B), Tidak Baik (TB), dan Sangat Tidak Baik (STB). Angket tanggapan modul untuk siswa berisi butir-butir pernyataan aspek kemudahan memahami materi, penyajian, kebahasaan, dan kegrafisan. Angket ini menggunakan skala *Likert* dengan alternatif pilihan Sangat Setuju (4), Setuju (3), Tidak Setuju (2), dan Sangat Tidak Setuju (1). Instrumen yang digunakan diadaptasi dari instrumen penilaian buku teks pelajaran Biologi SMA/MA BSNP tahun 2014 dengan beberapa modifikasi.

Validasi terhadap instrumen berupa angket pada penelitian ini adalah validasi isi dan muka. Validasi isi dilakukan dengan membuat kisi-kisi instrumen kemudian membandingkan isi dari instrumen yang telah disusun dengan rancangan yang telah ada sebelumnya (Sugiyono, 2013: 129). Validasi muka dilakukan dengan menggunakan pendekatan *expert judgement*, yaitu

peneliti berkonsultasi dan menerima masukan dari dosen pembimbing untuk menentukan instrumen penelitian sudah layak atau belum (Paidi & Subali, 2009: 18).

Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari penelitian yaitu jumlah kromosom dan terbentuk atau tidak poliploidi pada tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) akibat pengaruh lama perendaman dan konsentrasi kolkisin yang berbeda. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan disajikan dalam bentuk tabel frekuensi karena data berupa banyaknya pemunculan fenomena dari suatu variabel melalui kegiatan penghitungan (Subali, 2011: 2.12).

Data kelayakan modul pengayaan yang diperoleh terdiri atas data masukan dan saran untuk modul pengayaan serta skor perolehan kelayakan modul pengayaan. Teknik analisis data kelayakan modul pengayaan yang digunakan adalah sebagai berikut.

- A. Data deskripsi masukan dan saran terhadap modul pengayaan yang diperoleh kemudian diseleksi relevansinya. Masukan dan saran yang dianggap relevan oleh peneliti akan digunakan sebagai acuan untuk revisi modul pengayaan.
- B. Data penilaian kelayakan modul pengayaan yang diperoleh melalui instrumen penelitian menggunakan skala *Guttman* dan *Likert* bertujuan untuk mengetahui skor total setiap aspek yang dinilai. Data tersebut dianalisis secara deksriptif kuantitatif dengan langkah-langkah sebagai berikut.
 1. Data kualitatif yang diperoleh dari peninjauan ahli materi diubah menjadi data kuantitatif dengan rincian: Benar:1, Salah: 0.
 2. Data kualitatif yang diperoleh dari peninjauan ahli media dan guru biologi diubah menjadi data kuantitatif dengan rincian: Sangat Baik (SB): 4, Baik (B): 3, Tidak Baik (TB): 2, Sangat Tidak Baik (STB): 1.
 3. Data kualitatif yang diperoleh dari tanggapan siswa diubah menjadi data kuantitatif dengan rincian Sangat Setuju

- (SS): 4, Setuju (S): 3, Tidak Setuju (TS): 2, Sangat Tidak Setuju (STS): 1.
4. Menghitung skor rata-rata dari setiap aspek yang dinilai dengan rumus sebagai berikut.

$$X = \frac{x}{n}$$

Keterangan:

- X = skor rata-rata
 x = jumlah skor
 N = jumlah responden

5. Mengkonversi skor rata-rata ke nilai 100 dengan cara sebagai berikut.

$$\text{Nilai tiap aspek} = \frac{\text{skor rata-rata}}{\text{skor maksimal}} \times 100$$

6. Mengubah nilai tiap aspek menjadi katogeri kelayakan menurut Riduwan (2009). Nilai tiap aspek penilaian instrumen penilaian dan kateroginya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori Kelayakan Produk

No.	Nilai	Kategori
1.	81-100	Sangat Layak
2.	61-80	Layak
3.	41-60	Cukup
4.	21-40	Kurang Layak
5.	<20	Sangat Kurang Layak

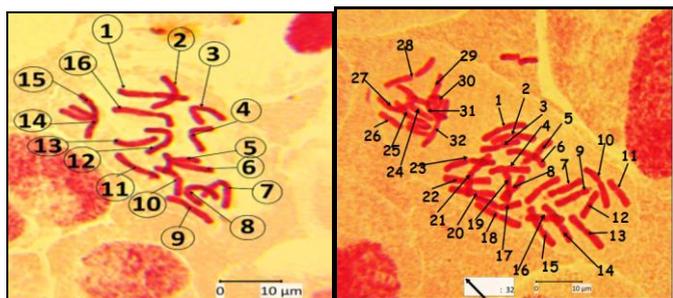
7. Standarisasi kelayakan modul yang ditetapkan peneliti yaitu apabila penilaian terhadap modul pengayaan mendapatkan nilai 61-80 dengan kategori layak.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Lama Perendaman dan Konsentrasi Kolkisin terhadap Poliploidi Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.)

Bawang merah (*Allium ascaloincum* L.) memiliki jumlah kromosom normal sebanyak 16 unit. Jumlah kromosom bawang merah lebih dari 16 menunjukkan sel poliploid. Poliploidi diinduksi menggunakan larutan kolkisin pada perlakuan variasi konsentrasi dan lama perendaman tertentu. Hasil pengamatan

menunjukkan jumlah kromosom yang terhitung yaitu 16 dan 32, seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Jumlah Kromosom Bawang Merah Sebanyak 16 (kiri) dan 32 (kanan)

Hasil penghitungan kromosom sel bawang merah setelah diberi perlakuan kolkisin disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Jumlah Kromosom Sel Bawang Merah Kontrol dan Setelah Perlakuan Kolkisin

Konsentrasi (%)	Kontrol	0,025			0,050			0,075		
Lama Perendaman (jam)	24	12	18	24	12	18	24	12	18	24
Jumlah kromosom (unit)	16	16	32	32	16	32	32	32	32	32
	16	16	32	32	16	32	32	32	32	32
	16	16	32	32	16	32	32	32	32	32
	16	16	32	32	16	32	32	32	32	32
	16	16	32	32	16	32	32	32	32	32

Berdasarkan penghitungan kromosom pada sel bawang merah yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa poliploidi diperoleh dari perlakuan perendaman akar bawang merah menggunakan kolkisin konsentrasi 0,025% selama 18 dan 24 jam, 0,050% selama 18 dan 24 jam, serta 0,075% selama 12 jam, 18 jam, dan 24 jam. Poliploidi sel bawang merah diinduksi dengan merendam akar menggunakan konsentrasi kolkisin minimal 0,025% selama 18 jam. Menurut Suryo (2007: 222), pada umumnya kolkisin akan bekerja dengan efektif pada konsentrasi 0,01-1% atau 0,001-1% dengan lama perendaman berkisar antara 3-24 jam. Akan tetapi, setiap jenis tanaman mempunyai respons yang berbeda tergantung dari bahan yang diberi perlakuan.

Pengamatan sel akar bawang merah yang telah direndam kolkisin 0,075% pada perendaman 12 jam, 18 jam, dan 24 jam tampak banyak inti sel yang mengerut. Fenomena tersebut juga

ditemukan pada sel akar bawang merah yang telah direndam kolkisin 0,025% selama 24 jam dan 0,050% selama 24 jam. Hal ini sesuai dengan penuturan Pharmawati & Wistiani (2015: 23) yang menyatakan bahwa pemberian konsentrasi kolkisin yang tinggi dan peredaman dalam jangka waktu yang lama menyebabkan struktur kromosom dalam sel mengalami penggumpalan dan pengerutan. Menurut Suryo (2007: 223) konsentrasi kolkisin yang terlalu tinggi atau waktu perlakuan terlalu lama menyebabkan sel-sel banyak yang rusak bahkan mengalami kematian. Akan tetapi, bila konsentrasi larutan kolkisin dan lamanya waktu perlakuan kurang mencapai keadaan yang tepat, maka poliploidi belum dapat diperoleh.

Berdasarkan hasil pengamatan, diperoleh variasi jumlah kromosom yaitu 16 dan 32. Jumlah kromosom sebanyak $2n=16$ menunjukkan sel normal, sedangkan jumlah kromosom lebih dari 16 menunjukkan sel poliploid. Tingkat poliploidi yang diperoleh yaitu tetraploid ($4n=32$). Pada beberapa perlakuan kolkisin masih ditemukan individu dengan sel yang tetap diploid ($2n=16$). Tidak semua sel yang mendapatkan perlakuan perendaman kolkisin yang sama memiliki jumlah kromosom yang seragam. Hal ini dikemukakan pula oleh Suminah *et al.* (2002: 178) bahwa senyawa kolkisin dapat menginduksi mutasi secara acak sehingga memberikan efek yang tidak seragam pada masing-masing sel tiap individu. Selain 16 dan 32, ditemukan variasi jumlah kromosom 15, 33, 36, dan lainnya. Variasi ini dimungkinkan karena pemecatan pada tahap *squashing* dalam prosedur pembuatan preparat dilakukan terlalu keras sehingga dinding sel pecah dan kromosom tersebar yang menyebabkan penghitungannya tidak tepat.

Peningkatan jumlah kromosom disebabkan karena perlakuan kolkisin dengan konsentrasi dan lama perendaman kritis dapat mencegah polimerisasi tubulin menjadi mikrotubulin (benang-benang spindel) sehingga pemisahan kromosom yang menandai perpindahan dari tahap metafase ke anafase tidak berlangsung (Nasir dalam Wiendra, 2011: 10). Akibatnya, dinding sel tidak terbentuk dan

kromosom beserta duplikatnya tetap berada di dalam sel yang sama. Akan tetapi, kromosom dapat memisahkan diri dari sentromernya dan dimulai tahap *c-anafase* yang dilanjutkan dengan pembentukan dinding sel sehingga terjadi “restitusi” inti dan mengandung jumlah kromosom berlipat dua (Suryo, 2007: 222).

Analisis morfologi dilakukan dengan cara mengamati bagian-bagian tanaman yang telah diberi perlakuan kolkisin. Berdasarkan pengamatan, ujung akar bawang merah yang telah direndam kolkisin menjadi lebih besar. Hal ini disebabkan karena pemberian kolkisin dapat meningkatkan jumlah kromosom pada sel. Peningkatan jumlah kromosom disertai dengan peningkatan ukuran sel dan diameter sel ujung akar. Oleh karena ukuran sel ujung akar membesar maka ujung akar yang tampak pun semakin besar (Setyowati *et al.*, 2013: 70).

Kelayakan Modul Pengayaan

Kelayakan modul pengayaan ditinjau berdasarkan hasil penilaian dosen ahli materi, dosen ahli media, guru biologi, dan tanggapan siswa. Berikut tabel hasil penilaian dan tanggapan modul pengayaan.

1. Penilaian Kelayakan Modul oleh Ahli Materi

Penilaian aspek kebenaran konsep dilakukan oleh dua dosen ahli materi untuk meninjau konsep-konsep yang dimuat dalam modul. Kebenaran konsep merupakan salah satu aspek penilaian kualitas bahan ajar yang penting untuk dilakukan (Azhar, 2007: 175). Hasil penilaian kebenaran konsep modul disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Penilaian Aspek Kebenaran Konsep oleh Dosen Ahli Materi

Ahi Materi	Hasil Penilaian	Kategori Kelayakan
1	94,74	Sangat Layak
2	95	Sangat Layak
Rata-rata	94,87	Sangat Layak

Hasil penilaian aspek kebenaran konsep pada modul sebesar 94,74 oleh ahli materi 1 dan 95 oleh ahli materi 2. Sebanyak 18 butir instrumen kebenaran konsep dinyatakan benar

oleh ahli media 1, 1 konsep dinyatakan salah, dan 1 konsep tidak diberi penilaian benar atau salah. Sebanyak 19 konsep dinyatakan benar oleh ahli media 2 dan 1 konsep dinyatakan salah. Konsep yang dinyatakan salah oleh ahli media 1 dan 2 yaitu pengertian mutasi, sedangkan 1 konsep yang tidak dinilai benar atau salah oleh ahli media 1 yaitu mutasi pada kromosom. Nilai rata-rata kebenaran konsep modul sebesar 94,87 menunjukkan bahwa kelayakan aspek kebenaran konsep modul pengayaan Pengaruh Lama Perendaman dan Konsentrasi Kolkisin terhadap Poliploidi Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) termasuk dalam kategori sangat layak. Masukan dan saran yang diberikan oleh ahli materi ditindaklanjuti oleh peneliti untuk perbaikan modul.

2. Penilaian Kelayakan Modul oleh Ahli Media dan Guru Biologi

Penilaian modul pengayaan oleh dosen ahli media dan guru biologi dilakukan terhadap aspek kelayakan isi, penyajian, kebahasaan, dan kegrafisan. Hasil penilaian tersebut disajikan pada tabel 2 dan 3.

Tabel 11. Hasil Penilaian Modul oleh Ahli Media

No	Aspek Penilaian	Hasil Penilaian	Kategori Kelayakan
1.	Kelayakan Isi	83,33	Sangat layak
2.	Penyajian	75	Layak
3.	Kebahasaan	76,92	Layak
4.	Kegrafisan	75	Layak
Rata-rata		77,56	Layak

Tabel 5. Hasil Penilaian Modul oleh Guru Biologi

No.	Aspek Penilaian	Hasil Penilaian	Kategori Kelayakan
1.	Kelayakan Isi	81,94	Sangat layak
2.	Penyajian	78,91	Layak
3.	Kebahasaan	78,12	Layak
4.	Kegrafisan	83,75	Sangat Layak
Rata-rata		80,68	Sangat Layak

Penilaian aspek kelayakan isi dilakukan oleh dua dosen ahli media untuk meninjau cakupan materi, akurasi materi, dan kemutakhiran materi dalam modul pengayaan. Hasil penilaian aspek kelayakan isi modul pengayaan sebesar 83,33 dari ahli media, dan sebesar 81,94 dari guru biologi yang menunjukkan kategori sangat layak. Masukan yang diberikan guru biologi terhadap aspek kelayakan isi modul, dari segi kebenaran konsep yaitu perlu perbaikan penulisan nama ilmiah makhluk hidup yang belum tepat, dan dari segi kesesuaian soal-soal evaluasi dengan tujuan pembelajaran yaitu perlu mengganti soal-soal bukan HOTS (*Higher Order Thinking Skills*) menjadi soal tipe HOTS.

Penilaian aspek penyajian digunakan untuk meninjau apakah isi modul sesuai dengan kebutuhan siswa dalam pembelajaran (Simamora, 2008: 66). Aspek penyajian memuat kelengkapan organisasi penyajian modul, kebenaran organisasi penyajian, dan kejelasan tampilan umum modul. Aspek penyajian dinilai sebesar 75 oleh ahli media dan 78,94 oleh guru biologi yang menunjukkan kategori layak. Masukan untuk aspek penyajian modul dari ahli media, antara lain:

- 1) peninjauan kembali konsep modul terkait keterampilan proses sains dan kompetensi yang dikembangkan pada penyajian pendahuluan,
- 2) penggunaan kata hubung dalam penyajian peta konsep dibuat menjadi dua frasa,
- 3) penambahan kalimat penjelas yang berkaitan dengan penyajian gambar sehingga terdapat koherensi antara gambar dan teks,
- 4) penempatan penyajian analisis morfologi dahulu kemudian analisis sitologi, serta
- 5) penambahan kosa kata dalam penyajian glosarium.

Penilaian aspek kebahasaan dilakukan oleh ahli media untuk meninjau bahasa dan tata tulis dalam modul pengayaan. Aspek kebahasaan memuat kesesuaian bahasa dengan tingkat perkembangan berpikir siswa, kesesuaian penulisan dan bahasa dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik, benar, dan komunikatif, penjelasan untuk istilah-istilah yang sulit atau tidak umum, konsistensi penggunaan istilah, simbol/lambang, dan kemampuan memotivasi siswa untuk berpikir kritis. Aspek kebahasaan

termasuk dalam kategori layak dengan hasil penilaian sebesar 76,92 dari dosen ahli media dan 78,12 dari guru biologi. Masukan untuk aspek kebahasaan modul dari ahli media, antara lain:

- 1) perlu perbaikan tata tulis, penggunaan kata yang tidak baku, dan kalimat yang tidak efektif, serta
- 2) perlu penerjemahan teks bahasa asing yang termuat dalam gambar menjadi bahasa Indonesia.

Aspek kegrafisan suatu bahan ajar penting karena berkaitan dengan estetika sehingga mampu menarik perhatian siswa (Simamora, 2006: 66). Penilaian aspek kegrafisan mencakup desain sampul modul, desain isi modul, tata letak isi modul, dan tipografi isi modul. Aspek kegrafisan termasuk dalam kategori layak berdasarkan penilaian dosen ahli media, yaitu sebesar 75 dan termasuk dalam kategori sangat layak berdasarkan penilaian guru biologi. Masukan dari ahli media mengenai aspek kegrafisan yaitu perlu pemilihan gambar yang jelas.

Hasil penilaian modul pengayaan Pengaruh Lama Perendaman dan Konsentrasi Kolkisin terhadap Poliploidi Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) menurut dosen ahli media dan guru Biologi secara umum berdasarkan penilaian dari aspek kelayakan isi, penyajian, kebahasaan, dan kegrafisan menunjukkan bahwa kelayakan modul pengayaan yang disusun termasuk dalam kategori layak.

3. Tanggapan Siswa terhadap Modul

Modul pengayaan ditanggapi oleh siswa kelas XII SMA Negeri 1 Kebumen yang telah tuntas KKM materi mutasi terhadap aspek kemudahan memahami materi, penyajian, kebahasaan, dan kegrafisan. Berikut hasil penilaian tersebut.

Tabel 6. Hasil Tanggapan Siswa terhadap Modul Pengayaan

No	Aspek Penilaian	Hasil Penilaian	Kategori Kelayakan
1.	Kemudahan Memahami Materi	78,25	Layak
2.	Penyajian	78,75	Layak
3.	Kebahasaan	72,81	Layak
4.	Kegrafisan	77,75	Layak

Rata-rata	76,89	Layak
-----------	-------	-------

Berdasarkan hasil tanggapan siswa terhadap modul pengayaan pada aspek kemudahan memahami materi, penyajian, kebahasaan, dan kegrafisan, modul pengayaan termasuk layak. Masukan yang diberikan siswa untuk perbaikan modul, antara lain:

- 1) aspek penyajian, yaitu perlu perbaikan kesesuaian pencantuman halaman pada penyajian daftar isi,
- 2) aspek kebahasaan modul, antara lain: perlu memperbaiki salah ketik pada beberapa penulisan kata, perlu memperbaiki beberapa penulisan yang tidak sesuai kaidah EYD, dan terlalu banyak penggunaan istilah asing,
- 3) aspek kegrafisan, antara lain: ukuran font terlalu besar, pemilihan jenis font sebaiknya Times New Roman, jarak spasi antar baris terlalu besar, desain setiap halaman modul terlalu berlebihan, dan gambar kromosom pada *background* sebaiknya dihilangkan.

Masukan dan saran yang diberikan ahli materi, ahli media, guru biologi, dan siswa digunakan sebagai acuan untuk perbaikan modul. Penilaian kelayakan modul pengayaan menurut ahli materi, ahli media, guru biologi, dan tanggapan siswa termasuk dalam kategori layak. Modul pengayaan ini diharapkan mampu memberikan manfaat bagi siswa dalam mengembangkan pengetahuannya mengenai materi mutasi.

Bahan ajar berupa modul pengayaan ini memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan modul ini adalah:

- a) modul pengayaan ini dapat digunakan dimana saja, kapan saja, sesuai gaya dan kecepatan belajar masing-masing siswa;
- b) modul dapat digunakan berkali-kali (tidak sekali pakai) dalam jangka waktu panjang untuk pembelajaran dengan cara modul diberikan kepada siswa tetapi pengerjaan tugas dalam modul dituliskan pada lembar salinannya;

c) modul pengayaan ini memiliki kelayakan tampilan yang menarik, sederhana, dan tidak membingungkan.

Kekurangan modul ini adalah modul pengayaan hanya menjelaskan salah satu materi mutasi yaitu poliploidi serta kelayakan modul dinilai melalui instrumen yang dibuat oleh peneliti dengan validasi instrumen hanya dilakukan oleh satu orang ahli.

Modul pengayaan ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi peserta didik untuk dapat mengembangkan pengetahuannya mengenai poliploidi pada tanaman bawang merah. Siswa dapat mengembangkan kemampuan belajar mandiri dengan kecepatan belajar dan cara belajar masing-masing. Keuntungan pembelajaran dengan menggunakan modul yang telah disusun dalam penelitian ini antara lain: (1) memberikan balikan (feedback), (2) penguasaan secara tuntas (masteri) (3) tujuan, (4) motivasi, (5) fleksibilitas, (6) menimbulkan kerjasama (Nasution, 2010: 206-207).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian Pengembangan Modul Pengayaan Pengaruh Lama Perendaman dan Konsentrasi Kolkisin terhadap Poliploidi Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) untuk Siswa Kelas XII SMA, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Lama perendaman dan konsentrasi kolkisin berpengaruh terhadap poliploidi tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). Poliploidi tanaman bawang merah diinduksi menggunakan kolkisin dengan konsentrasi minimal 0,025% selama 18 jam.
2. Modul pengayaan pengaruh lama perendaman dan konsentrasi kolkisin terhadap poliploidi tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) termasuk layak digunakan sebagai bahan ajar berdasarkan penilaian dosen ahli materi, dosen ahli media dan guru biologi.
3. Siswa memberikan tanggapan bahwa modul pengayaan termasuk layak digunakan sebagai bahan ajar.

Saran

Saran yang dapat diberikan oleh peneliti berdasarkan proses dan hasil penelitian yang telah diperoleh antara lain sebagai berikut.

1. Bagi peneliti lain di bidang biologi maupun pendidikan biologi
 - a. Mengembangkan penelitian mengenai pengaruh lama perendaman dan konsentrasi kolkisin terhadap poliploidi pada tanaman lain hingga uji coba lapangan dan secara analisis anatomi dan morfometri.
 - b. Melanjutkan penelitian Pengembangan Modul Pengayaan Pengaruh Lama Perendaman dan Konsentrasi Kolkisin terhadap Poliploidi Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) untuk Siswa Kelas XII SMA sampai tahap implemmentasi dan evaluasi.
2. Guru biologi dapat memanfaatkan hasil penelitian sebagai sumber alternatif pembelajaran materi mutasi.

DAFTAR PUSTAKA

Adisewoyo, S.S., Arisuryanti, T., Daryono, B.S., et al. (2016). *Petunjuk praktikum genetika sel*. Yogyakarta: Laboratorium Genetika dan Pemuliaan Fakultas Biologi UGM.

Azhar, A. (2007). *Media pembelajaran*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.

Nasution. (2010). *Berbagai Pendekatan dalam Proses Belajar dan Mengajar*. Jakarta: Bumi Aksara

Paidi & Subali, B. (2009). *Diktat perkuliahan evaluasi proses dan hasil pembelajaran biologi (Rev. ed.)*. Yogyakarta: Jurdik Biologi FMIPA UNY.

Pharmawati, M., & Wistiani, N.L.A.J. (2015). Induksi mutasi kromosom dengan kolkisin pada bawang putih (*Allium sativum* L.) kultivar 'kesuna bali'. *Bioslogos*, 5, 18-25.

Purwanto, R.A., & Lasmono, S. (2007). *Pengembangan modul*. Jakarta: Pusat Teknologi Informasi dan Komunikasi Pendidikan Departemen Pendidikan Nasional.

Riduwan. (2009). *Skala pengukuran variabel-variabel penelitian*. Bandung: Alfabeta.

Setyowati, M., Sulistyaningsih, E., & Purwanto, A. (2013). Induksi poliploidi dengan kolkisina pada kultur meristem batang bawang wakegi (*Allium x wakegi* Araki). *Ilmu Pertanian*, 16, 58–76.

Simamora, N.S., & Roymond, H. (2008). *Buku ajar pendidikan dalam keperawatan*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.

Subali, B. (2009). *Prinsip assemen dan evaluasi pembelajaran*. Yogyakarta: UNY Press.

Subali, B. (2011). *Biometri*. Jakarta: Universitas Terbuka.

Sugiyono. (2013). *Metode penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Suminah, S., Sutarno, & Setyawan, A.D. (2002). Induksi poliploidi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) dengan pemberian kolkisin. *Biodiversitas*, 3, 174-180.

Suryo. (2007). *Sitogenetika*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Wiendra, N.M.S., Pharmawati, M., & Astiti, N.P.A. (2011). Pemberian kolkhisin dengan lama perendaman berbeda pada induksi poliploidi tanaman pacar air (*Impatiens balsamina* L.). *Jurnal Biologi* X, 1, 9-14.