

PENGEMBANGAN MODUL PEMBELAJARAN GENETIKA BERBASIS FENOMENA LOKAL

Suratsih, Victoria Henuhili, Tutiek Rahayu, dan Muhammad Luthfi Hidayat
FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

Abstract

This study aimed to find out the gene inheritance pattern of the *gembel* hair in a family in Solomerto Village, Solomerto District, Wonosobo Regency, to design a local phenomenon based module for genetics learning, and to investigate the readability of the learning module. This study was based on the data of the family tree map of a family with the *gembel* hair inheritance that could be traced to three generations so that this fulfilled the requirements to trace the gene inheritance. The data on the *gembel* hair inheritance were collected through observations and interviews. The data were then analyzed to find out the characteristic inheritance by making a map of the family tree and determining the genotype possibility of each family member. To investigate the readability of the module, 20 students of SMA Negeri 8 Yogyakarta were selected as the sample. The data were analyzed using the qualitative descriptive technique. The results of the study on the basis of the family tree map showed that the *gembel* hair gene inheritance was determined by the recessive autosomal gene. The students gave positive responses to the local phenomenon based learning module in terms of the material coverage, the material explanation, the number of test items, the item difficulty level, the instruction, and the key answers.

Keywords: genetics, local phenomenon, learning module, *gembel* hair

A. Pendahuluan

Hasil refleksi diri terhadap pelaksanaan pembelajaran kuliah dan praktikum genetika dan penelitian-penelitian genetika yang selama ini dilakukan di Jurusan Pendidikan Biologi FMIPA UNY menunjukkan bahwa dalam pembelajaran Genetika masih bersifat *textbook oriented*. Akibatnya, kita miskin dengan contoh-contoh fenomena genetik yang berada di sekitar kita. Pembelajaran yang bersifat *textbook oriented* menempatkan contoh-contoh fenomena genetik yang diambil sesuai dengan yang ada di buku, yang kadang-kadang tidak dijumpai di tempat kita. Pembelajaran Genetika masih didominasi dengan penggunaan me-

tode ceramah, sehingga hanya terjadi transfer pengetahuan (*transfer of knowledge*) dari dosen ke mahasiswa. Pembelajaran belum banyak menggunakan *multi metode, multi media, multi sumber belajar* maupun *multi modul pembelajaran* sebagai bagian dari pemberian layanan yang memperhatikan langgam belajar mahasiswa. Akibatnya, respon, inisiatif maupun interaksi antara dosen dengan mahasiswa dalam pembelajaran masih sangat rendah. Mahasiswa hanya melakukan kegiatan sesuai dengan petunjuk yang diberikan tanpa melakukan pengembangan lebih lanjut.

Oleh karena sangat luasnya cakupan yang harus dipelajari dalam bidang genetika ini, maka dalam pem-

belajaran genetika tidak bisa memberikan wawasan yang memadai untuk mengungkap *fenomena lokal* dalam bidang genetika yang dapat diteliti atau dipelajari lebih lanjut oleh para mahasiswa. Perkuliahan lebih banyak menyampaikan konsep-konsep genetika yang kurang dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari mahasiswa.

Penelitian genetika yang dilakukan di Jurusan Pendidikan Biologi FMIPA UNY belum banyak melakukan pengungkapan fenomena genetik organisme yang ada di sekitar kita. Penelitian kita masih bersifat laboratoris berkisar pada penggunaan *Drosophila* dan organisme lain yang sudah sering digunakan untuk penelitian genetika. Akibatnya, kita sering mengalami kesulitan menjelaskan secara genetik kejadian-kejadian yang dialami suatu organisme yang ada di sekitar kita.

Buku-buku genetika yang ada kebanyakan merupakan buku-buku berbahasa asing yang belum banyak dimanfaatkan dengan baik karena kesulitan memahami isinya. Buku-buku atau tulisan-tulisan yang dihasilkan oleh dosen pengampu jumlahnya masih sangat sedikit dan isinyapun belum banyak memberikan varian pengetahuan yang berasal dari hasil-hasil penelitian yang berasal dari fenomena lokal (Suratsih, dan Victoria Henuhili, 2003).

Praktikum genetika yang dilakukan masih mengikuti cara-cara lama dan belum berkembang menyesuaikan fenomena yang ada sekarang (Suratsih dan Henuhili, 2002). Penggunaan metode simulasi untuk menjelaskan perilaku gen masih membingungkan mahasiswa, sehingga perlu ada contoh yang dapat diamati atau dipelajari melalui penelitian dengan objek yang ada di sekitar kita.

Memperhatikan berbagai hasil refleksi terhadap pelaksanaan perkuliahan, praktikum, penelitian genetika dan memperhatikan berbagai fenomena kehidupan yang ada di sekitar kita, maka perlu dilakukan penelitian genetika berbasis *potensi lokal / fenomena lokal* guna mendukung pengembangan sumber belajar genetika. Supaya hasilnya dapat dimanfaatkan secara optimal oleh para mahasiswa, maka hasil-hasil penelitian tersebut perlu dikemas dalam bentuk modul pembelajaran yang dapat dipelajari secara mandiri oleh para siswa, sekaligus dapat digunakan sebagai alternatif sumber belajar genetika untuk mendukung sumber belajar yang sudah ada.

Hasil observasi pada beberapa keluarga, di Kelurahan Selometro, di Dukuh Karang Kobar, dusun Kecis, Kecamatan Selomerto, Kabupaten Wonosobo di dataran tinggi Dieng terdapat kasus atau fenomena lokal masyarakat yang menarik jika ditelaah menggunakan pendekatan genetika. Fenomena lokal ini berpotensi untuk digunakan sebagai sumber belajar hereditas manusia. Kasus tersebut adalah pewarisan sifat rambut gembel. Penduduk sekitar dalam menyikapi fenomena rambut gembel tersebut menganggap sebagai wahyu dari leluhur kepada anak-anak terpilih. Padahal secara ilmu genetika rambut adalah hasil ekspresi gen, yang tidak lain merupakan pewarisan sifat dari kedua orang tua.

Kasus pewarisan rambut gembel agar dapat dijadikan sebagai sumber belajar dalam bentuk modul pembelajaran perlu dilakukan analisis potensi dan uji coba modul agar memberikan manfaat dan nilai tambah yang bagi siswa.

Berdasarkan uraian di depan, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pola pewarisan gen rambut gembel pada suatu keluarga di Kabupaten Wonosobo ?
2. Bagaimanakah tanggapan siswa terhadap modul pembelajaran genetika yang telah disusun?

Penyusunan sumber belajar genetika berbasis fenomena lokal masyarakat dalam bentuk modul pembelajaran diharapkan dapat menambah informasi tentang alternatif sumber belajar dan pengalaman dalam melakukan penelitian, terutama dalam proses dan produk ilmiah, dan merangsang siswa untuk semakin tertarik dengan penelitian biologi yang berasal dari fenomena lokal dalam kehidupan sehari-hari (dari negeri sendiri).

B. Tinjauan Pustaka

1. Modul sebagai Sumber Belajar

Modul merupakan suatu unit program pengajaran yang disusun dalam bentuk tertentu untuk keperluan belajar. Modul bisa dipandang sebagai paket program pengajaran yang terdiri dari komponen-komponen yang berisi tujuan belajar, bahan pelajaran, metode belajar, alat atau media, serta sumber belajar dan sistem evaluasinya. Modul memiliki karakteristik tertentu, misalnya berbentuk unit pengajaran terkecil dan lengkap, berisi rangkaian kegiatan belajar yang dirancang secara sistematis, berisi tujuan belajar yang dirumuskan secara jelas dan khusus, memungkinkan siswa belajar mandiri, dan merupakan realisasi perbedaan individual serta perwujudan pengajaran individual (Sudjana dan Rivai, 1989: 132).

Menurut BP3K Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, modul didefinisikan sebagai unit program bel-

ajar mengajar terkecil yang secara rinci menggariskan tujuan instruksional yang akan dicapai, topik yang akan dijadikan dasar proses belajar mengajar, pokok-pokok materi yang dipelajari, kedudukan dan fungsi modul dalam kesatuan program yang akan lebih luas, peranan guru dalam proses belajar mengajar, alat-alat dan sumber yang akan digunakan, kegiatan-kegiatan belajar yang harus dilakukan dan dihayati murid secara berurutan dan program evaluasi yang akan dilaksanakan (Sudjana dan Rivai, 1989: 132-133).

Menurut Sudjana dan Rivai (1989: 133), penggunaan modul bertujuan agar tujuan pendidikan bisa tercapai secara efektif dan efisien. Para siswa dapat mengikuti program pengajaran sesuai dengan kecepatan dan kemampuan sendiri, lebih banyak belajar mandiri, dapat mengetahui hasil belajar sendiri, dan menekankan penguasaan bahan pelajaran secara optimal (*mastery learning*) yaitu dengan penguasaan minimal 80%.

Modul *self contained* yang merupakan modul di mana semua materi tercantum dalam modul dan merupakan sumber belajar utama, dapat disusun menurut langkah-langkah sebagai berikut.

1. Menyusun kerangka modul dengan cara merumuskan atau menetapkan tujuan instruksional umum.
2. Merinci tujuan instruksional umum ke dalam tujuan instruksional khusus, menyusun butir-butir soal evaluasi guna mengukur pencapaian tujuan khusus.
3. Mengidentifikasi pokok-pokok materi pelajaran yang sesuai dengan tujuan instruksional khusus.
4. Menyusun urutan pokok-pokok materi yang logis.

5. Menyusun langkah-langkah kegiatan belajar siswa.
6. Memeriksa langkah-langkah kegiatan belajar untuk mencapai semua tujuan.
7. Mengidentifikasi alat-alat yang diperlukan dalam kegiatan belajar dengan modul.
8. Menulis Program Secara Rinci, meliputi: pembuatan petunjuk guru, lembaran kegiatan siswa, lembaran tes, dan lembaran jawaban (Nana Sudjana dan Ahmad Rivai, 1989: 133-134).

Modul pembelajaran dapat dipandang sebagai suatu paket pengajaran yang mengandung satu unit konsep dari bahan pelajaran dan disajikan dalam bentuk *self instructional*. Pengajaran modul memberi kesempatan kepada siswa untuk menguasai satu unit bahan pelajaran sebelum beralih ke unit berikutnya. Setiap siswa dapat menentukan kecepatan dan intensitas belajarnya sendiri. Modul secara umum memiliki unsur-unsur: rumusan tujuan pengajaran, petunjuk penggunaan, materi pelajaran, lembar kegiatan siswa, lembar evaluasi dan kunci lembar kegiatan dan evaluasi tersebut (Vembriarto, 1975: 49-53).

2. Peta Silsilah

Pewarisan sifat yang terdapat dalam suatu keluarga dapat diikuti untuk beberapa generasi dengan menggunakan peta silsilah / diagram silsilah (*pedigree chart*). Peta silsilah merupakan gambaran pewarisan sifat-sifat manusia yang ditulis dengan simbol-simbol tertentu yang telah disepakati oleh para ahli genetika. Peta silsilah termasuk alat yang paling banyak digunakan dalam penelitian genetika, dan untuk menyusun suatu pola peta silsilah diperlukan keturunan dalam jumlah yang banyak

sedikitnya 3 generasi (Anna, 1985: 66-68).

Peta silsilah yang menggambarkan pewarisan sifat tertentu dalam suatu keluarga dapat dianalisis untuk mengetahui pola pewarisan gen penentu sifat tersebut. Suatu gen penentu sifat termasuk autosomal jika (1) terdapat kemungkinan jumlah yang sama antara wanita dan laki-laki yang mengekspresikan gen (terkena) tersebut, (2) terdapat laki-laki yang menurunkan sifat tersebut pada anak laki-lakinya dan (3) terdapat anak-anak perempuan yang terkena walaupun bapak dan ibunya normal. Gen yang bersifat dominan akan selalu diekspresikan bila mana gen tersebut ada sehingga biasanya tidak ada generasi yang alpha dalam ekspresi sifat. Sifat dari gen dominan akan hilang atau tidak akan muncul jika satu generasi tidak mengekspresikan sifat itu (Anna, 1985: 68-71).

Gen yang bersifat resesif mempunyai karakteristik yang berkebalikan dengan gen dominan. Gen resesif menunjukkan adanya "peloncatan generasi" dalam ekspresinya. Gen penentu suatu sifat dapat terpaut sex kromosom. Gen resesif terpaut-X tidak akan diekspresikan pada anak perempuan manapun jika bapak dan ibunya normal.

C. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif berupa studi kasus untuk rambut gembel dan penelitian eksploratif untuk mengetahui tingkat keterbacaan modul belajar yang disusun berdasarkan analisis potensi hasil penelitian pewarisan sifat rambut gembel.

Penelitian ini dilaksanakan di dukuh Karang Kobar, dusun Kecis

Kelurahan Selomerto, Kecamatan Selomerto, Kabupaten Wonosobo dan desa Telagawarna, Dieng. Subjek penelitian pewarisan sifat rambut gembel adalah suatu keluarga yang memiliki keturunan rambut Gembel yang dapat dilacak sampai 3 (tiga) generasi. Subjek penelitian tingkat keterbacaan modul adalah 20 siswa SMA Negeri 8 Yogyakarta.

Instrumen penelitian berupa: seperangkat alat recorder, kamera digital, lembar panduan wawancara dan lembar penilaian. Lembar panduan wawancara digunakan untuk merekam fenomena masyarakat yang akan diteliti, data-data keluarga yang anggota keluarganya terdapat anak rambut gembel atau memiliki riwayat rambut gembel dan lokasi observasi. Lembar penilaian digunakan untuk mengetahui tingkat keterbacaan modul yang diberikan.

Langkah-langkah penelitian dilaksanakan secara bertahap sebagai berikut.

1. Tahap praobservasi, yaitu observasi pendahuluan yang dilakukan pada keluarga yang memiliki riwayat rambut gembel di dukuh Karang-kobar, dusun Kecis, Kelurahan Selomerto, Kecamatan Selomerto, Kabupaten Wonosobo), dan desa Telaga Warna, Dieng).
2. Tahap kedua yaitu melakukan observasi kepada keluarga utama (yang dapat dilacak fenomena rambut gembelnya sampai 3 generasi) dan beberapa keluarga lain yang mendukung (memiliki keluarga rambut gembel yang tidak dapat dilacak sampai 3 generasi), membuat peta silsilah dari keluarga – keluarga yang menjadi subjek penelitian dan melakukan analisis terhadap peta silsilah untuk mengetahui apakah ekspresi gen penentu

rambut gembel ditentukan / dipengaruhi oleh jenis kelamin atau tidak.

3. Langkah selanjutnya, adalah menyusun modul pembelajaran hereditas manusia berdasarkan data-data yang didapat dari observasi dan wawancara keluarga penderita rambut gembel. Penyusunan modul pembelajaran hereditas manusia dengan bahan pewarisan gen rambut gembel ini disesuaikan materi genetika di SMA.
4. Setelah modul tersusun, langkah selanjutnya adalah melakukan uji coba modul pembelajaran tersebut dengan metode eksploratif pada beberapa siswa untuk mengetahui umpan balik siswa dan tingkat keterbacaan modul. Hasil dari ujicoba modul kemudian dievaluasi untuk mengetahui kekurangan dan kelebihan modul. Revisi dilakukan berdasarkan umpan balik yang diberikan siswa tentang modul. Selain itu, revisi esensial dapat dilakukan apabila hasil tingkat keterbacaan beberapa siswa pada modul dinilai kurang.

Analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif dan eksploratif. Analisis deskriptif kualitatif dilakukan terhadap data peta silsilah keluarga utama (yang dapat dilacak pewarisan sifatnya sampai 3 generasi) dan keluarga pendukung (yang memiliki keluarga rambut gembel tetapi tidak dapat dilacak sampai 3 generasi) untuk menentukan pola pewarisan gen rambut gembel. Analisis peta silsilah dilakukan dengan menerapkan pola pewarisan gen menurut hukum Mendel, yaitu gen terpaut seks kromosom X, Y, kemudian gen autosomal dominan dan resesif.

D. Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Hasil Penelitian

Berikut ini disampaikan hasil-hasil penelitian dan pembahasannya mengenai pola pewarisan sifat rambut gembel pada manusia. Permasalahan yang ingin dijawab dalam penelitian pewarisan sifat rambut gembel ini adalah “bagaimanakah pola pewarisan gen rambut *gembel* dan apakah pola pewarisan tersebut dapat dijadikan se-

bagai sumber belajar biologi materi hereditas pada manusia dalam bentuk modul pembelajaran?”

Dari hasil penelitian diperoleh informasi yang dapat dibuat sebuah klasifikasi data berdasarkan konsep yang diperlukan untuk menganalisis kasus rambut *gembel*, bahwa fenomena tersebut merupakan salah satu pewarisan gen. Klasifikasi data tersebut dapat ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Diklasifikasi Rambut Gembel Berdasarkan Konsep Genetika/Biologi di Wonosobo

No	Data Pengamatan	Konsep Biologi/Biologi
1	Rambut gembel mulai muncul saat anak berusia 1-3 tahun	Gen memiliki waktu tertentu untuk terekspresi, salah satunya adalah faktor usia (Istamar Syamsyuri, 2003:90)
2	Kemunculan rambut gembel diawali dengan demam dan step	Terjadi perubahan hormonal pada tubuh pada saat gen penentu akan terekspresi. Perubahan fisiologis tubuh ini dikembalikan oleh sistem homeostasis tubuh, salah satunya dengan menaikkan suhu tubuh yang dikendalikan oleh thermostat yang berada di hipotalamus otak (Campbell, dkk, 2002)
3	Demam dan step akan hilang sendiri tanpa obat-obatan medis	Homesostasis tubuh menormalisasi kondisi fisiologis tubuh (Campbell, dkk, 2002)
4	Kebanyakan rambut <i>gembel</i> dimiliki oleh anak-anak perempuan	Kemungkinan pola pewarsian gen rambut <i>Gembel</i> ini adalah autosomal, karena laki-laki dan perempuan sama-sama memiliki peluang yang hampir sama untuk terekspresi (Anna C. Pai, 1985:65)
5	Tiga anak yang ditemui, secara fisik (selain rambut) dan mental, normal seperti anak sebayanya	Ekspresi rambut <i>gembel</i> tidak mempengaruhi mental anak-anak tersebut, hanya fisik rambutnya saja
6	Sedikitnya ada dua jenis rambut <i>gembel</i> , yaitu <i>gembel gethel</i> (mirip alas kaki/ <i>keset</i>) dan <i>gembel gari</i> (bentuk seperti uliran kecil-kecil)	Selain faktor gen, variasi ekspresi gen dipengaruhi juga oleh lingkungan (Campbell, dkk: 2000:282)
7	Rambut <i>gembel</i> sulit diurai meskipun sudah dikeramas ataupun dicuci	Faktor gen (<i>internal factor</i>) memiliki porsi lebih besar dibandingkan pengaruh lingkungan (<i>eksternal factor</i>) terhadap fenotip
8	Rambut <i>gembel</i> ini tidak muncul lagi	Belum ditemukan pengaruh kuat

No	Data Pengamatan	Konsep Biologi/Biologi
	setelah anak sudah minta dicukur dan permintaan anak sudah dituruti. (Namun ada perkecualian yaitu kasus ibu Poniyeem ketika kecil, dimana rambut <i>gembel</i> kembali muncul meskipun permintaan anak sudah dituruti dan rambut sudah dicukur).	sugesti (eskternal) terhadap berhenti masa ekspresi gen tersebut. Jika ekspresi gen tersebut berhenti waktunya hampir bersamaan dengan potong rambut, maka setelah rambut kembali tumbuh, ekspresi rambut <i>gembel</i> sudah tidak ada terjadi.
9	Ritual pencukuran lebih kepada seremoni saja daripada perlakuan secara fisik terhadap anak rambut <i>gembel</i> .	Tidak ada obat medis yang diberikan kepada anak-anak rambut <i>gembel</i> tersebut, sehingga tidak ada perlakuan khemis pada tubuh.
10	Setelah ditelusuri, ternyata secara garis keturunan ada keluarga dari anak rambut <i>gembel</i> ketika kecilnya berambut <i>gembel</i> pula.	Terjadi pewarisan gen yang memunculkan sifat pada filial/keturunannya dengan pola pewarisan tertentu.

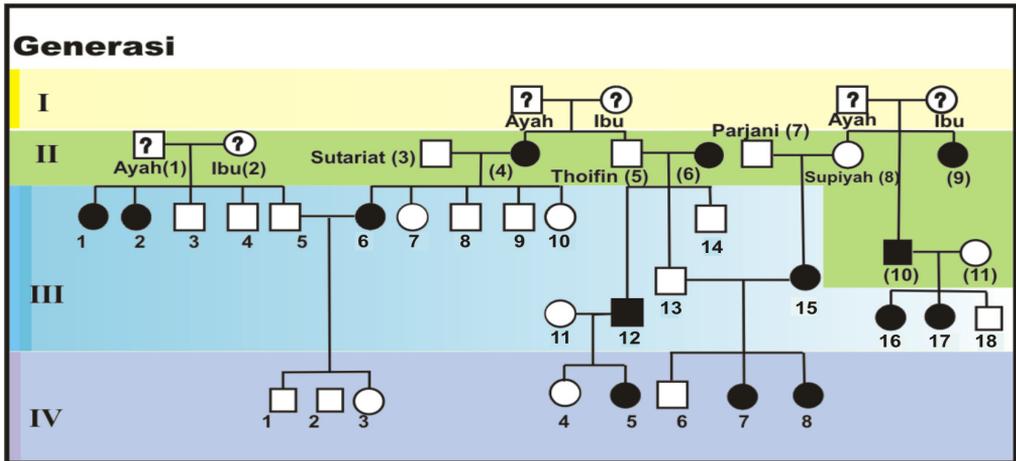
Hasil di atas menunjukkan bahwa rambut *gembel* lebih tepat jika dikatakan sebagai faktor keturunan (genetis) yang diturunkan dari orang tua, bukan karena kurangnya perawatan terhadap rambut.

Analisis peta silsilah pada suatu keluarga dapat ditemukan beberapa hal yang harus diklarifikasi. Simbol “?” pada peta silsilah menunjukkan bahwa individu tersebut belum diketahui ekspresi gennya, karena individu tersebut sudah tidak terlacak (meninggal dunia). Kedua, dasar pembagian sifat yang muncul dibedakan menjadi dua kategori, yaitu rambut normal (dilambangkan dengan simbol yang tidak diblok hitam) dan rambut *gembel*

(dilambangkan dengan simbol yang diblok hitam). Rambut normal maksudnya individu tersebut dari kecil hingga dewasa tidak pernah mengalami ekspresi gen rambut *gembel* (dalam hal ini, individu tersebut bisa berambut lurus, keriting atau ikal yang merupakan perpaduan ekspresi gen orang tuanya). Rambut *gembel* artinya bahwa individu tersebut ketika kecil pernah mengalami ekspresi gen rambut *gembel*.

2. Pembuatan Peta Silsilah

Peta silsilah (pedigree) yang dapat digambarkan dari suatu keluarga yang diteliti adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Peta Silsilah pada suatu Keluarga (tanpa Genotip)

Keterangan :

◻ = wanita berambut normal
 ◻ = laki-laki berambut normal

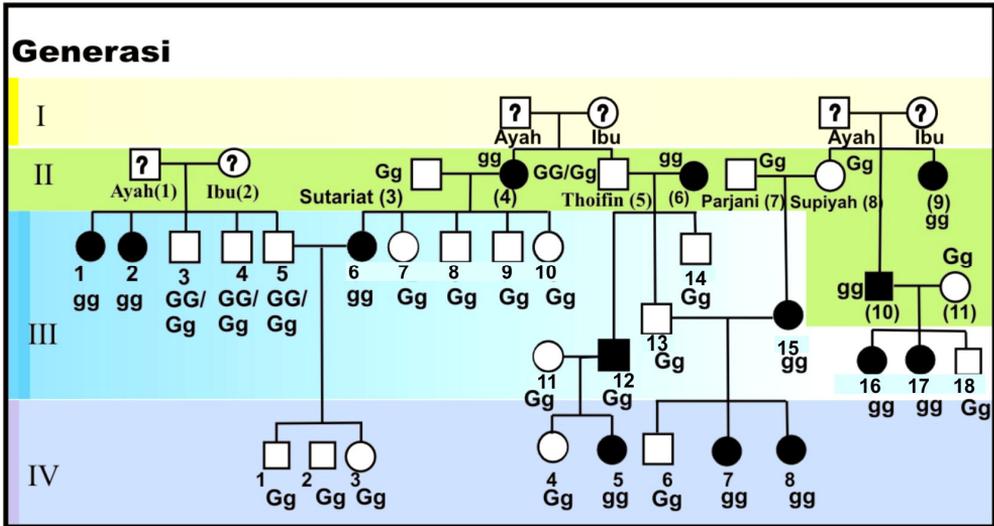
◼ = wanita berambut *gembel*
 ◼ = laki-laki berambut *gembel*

Berdasarkan peta silsilah di atas dapat ditunjukkan bahwa gen rambut *gembel* bukan merupakan gen terputut kromosom X dominan, karena tidak semua perempuan berambut *gembel*. Jika gen rambut *gembel* bersifat terputut kromosom X dominan maka semua perempuan pasti berambut *gembel*. Perkawinan antara laki-laki normal P (7) dan wanita normal S (8) (Gambar 1) pada generasi II menghasilkan 1 anak perempuan pada generasi III yang berambut *gembel* (15). Hal ini berarti gen rambut *gembel* bukan gen yang bersifat terputut kromosom X resesif, karena jika gen rambut *gembel* bersifat terputut kromosom X resesif, maka gen tersebut tidak akan diekspresikan pada anak perempuan manapun karena orang tuanya normal.

Gen rambut *gembel* tidak terputut kromosom X, berarti gen rambut *gembel* merupakan gen autosomal. Misalkan gen rambut *gembel* bersifat autosom

dominan, dan diberi simbol "G", maka orang yang berambut *gembel* bergenotip "GG" atau "Gg" dan orang normal bergenotip "gg". Jika permasalahan ini diterapkan pada perkawinan P (7) berambut normal dan S (8) berambut normal pada generasi II tidaklah mungkin karena anak mereka pada generasi III (15) berambut *gembel*. Perkawinan antara orang normal ("gg") dengan orang normal ("gg") pasti akan menghasilkan anak yang normal pula. Hal ini menunjukkan bahwa gen rambut *gembel* bukan gen autosomal dominan.

Misalkan gen rambut *gembel* bersifat autosomal resesif, dan diberi simbol "g". maka orang berambut *gembel* bergenotip "gg" dan orang normal bergenotip "GG" atau "Gg". Hal ini bisa diterapkan pada semua perkawinan pada keluarga tersebut.

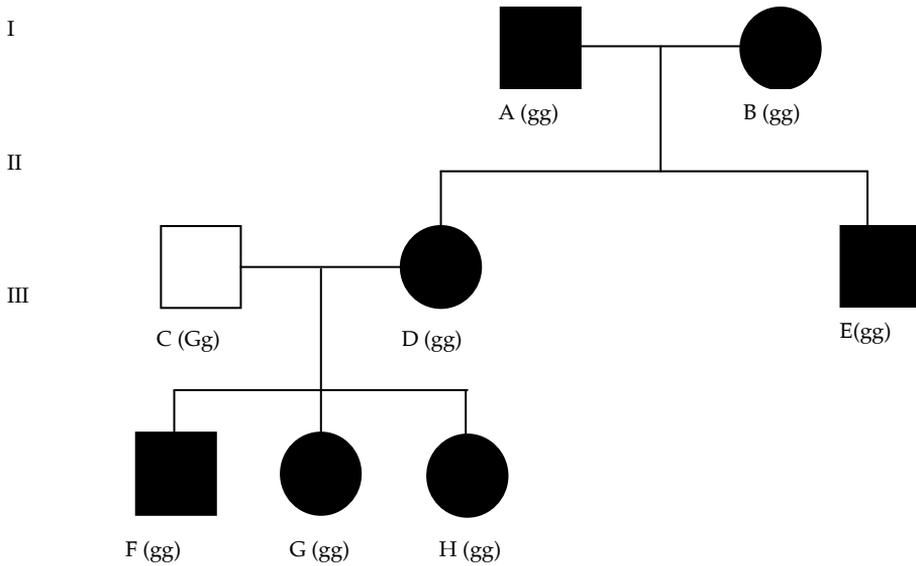


Gambar 2 . Peta Silsilah pada suatu Keluarga (dengan Genotip)

Sebagai data pendukung, berikut ini akan disajikan analisis peta silsilah keluarga lain yang menunjukkan

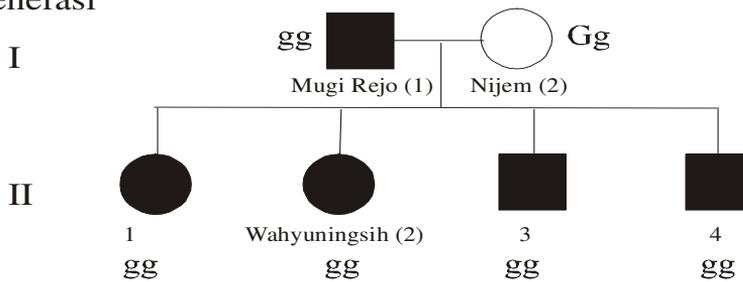
bahwa gen rambut *gembel* diwariskan menurut pola autosomal resesif.

Generasi



Gambar 3. Peta Silsilah suatu Keluarga I di Dieng

Generasi



Gambar 4. Peta Silsilah Suatu Keluarga II di Dieng

Kemunculan rambut *gembel* pada seluruh keturunan dari parental yang berambut *gembel* dapat dibuktikan pada keluarga I (gambar 3); kedua anaknya (D dan E) semua berambut *gembel*. Demikian pula ketiga cucunya, semuanya berambut *gembel*. Ketiga cucu laki-laki dan perempuan, memiliki peluang yang sama terekspresi gen rambut *gembelnya*. Hal ini menunjukkan pewarisan pola autosomal.

Peta silsilah dari keluarga I dapat dijadikan bukti yang memperkuat bahwa pewarisan gen rambut *gembel* berpola autosomal resesif. Karena pada pola pewarisan ini apabila kedua orang tua berambut *gembel* ($gg \times gg$), maka dapat dipastikan anak-anaknya semua akan berambut *gembel*, karena segregasi alel homozigot resesif " gg " akan menghasilkan gen " g ". Pertemuan antara gen " g " tersebut hanya akan menghasilkan satu jenis alel yaitu " gg " yang secara fenotip memunculkan rambut *gembel*. Bukti ini menunjukkan bahwa pola pewarisannya adalah autosomal resesif.

Keluarga II (Gambar 4) juga menunjukkan hal yang sama. Keempat anaknya (dua laki-laki dan dua perempuan) semuanya memiliki peluang yang sama untuk terekspresi gen rambut *gembelnya*. Hal ini menunjukkan bahwa pola pewarisannya adalah autosomal, tidak terpaut kromosom X.

Pola autosomal resesif ditunjukkan dengan bertemunya gen ' g ' dari kedua orang tua. Keempat anaknya sebenarnya memiliki peluang untuk memiliki genotip " Gg " atau " gg " (hal ini berdasarkan dari genotip kedua orang tuanya), tetapi ternyata gen " g " dan " g " dari kedua orang tua yang setelah bersegregasi berpaut menjadi " gg ", sehingga keempat anaknya memiliki ekspresi rambut *gembel*.

3. Tanggapan Siswa terhadap Modul Pembelajaran

Data mengenai tanggapan siswa terhadap modul yang digunakan seperti tertera dalam tabel dibawah ini.

Tabel 2. Persentase Tanggapan Siswa terhadap Modul Pembelajaran Pewarisan Sifat Rambut Gembel.

No	Aspek	Kategori					
		Positif		Netral		Sulit	
		f	%	f	%	f	%
I	Judul Subtopik	20	100	0	0	0	0
II	Petunjuk Penggunaan Modul	20	100	0	0	0	0
III	Indikator Pembelajaran	20	100	0	0	0	0
IV	Kegiatan Belajar I						
a	Uraian Materi	19	95	1	5	0	0
b	Kedalaman Materi	20	100	0	0	0	0
c	Keluasan Materi	20	100	0	0	0	0
d	Gambar	19	95	1	5	0	0
e	Tabel	18	90	2	10	0	0
f	Jumlah Soal Latihan	17	85	2	10	1	5
g	Tingkat Kesulitan Soal Latihan	19	95	0	0	1	5
V	Kegiatan Belajar II						
a	Uraian Materi	19	95	1	5	0	0
b	Kedalaman Materi	19	95	1	5	0	0
c	Keluasan Materi	19	95	1	5	0	0
d	Gambar	18	90	2	10	0	0
e	Tabel	19	95	1	5	0	0
f	Jumlah Soal Latihan	19	95	0	0	1	5
g	Tingkat Kesulitan Soal Latihan	17	85	3	15	0	0
VI	Kegiatan Belajar III						
a	Uraian Materi	16	80	3	15	1	5
b	Kedalaman Materi	16	80	1	5	3	15
c	Keluasan Materi	16	80	2	10	2	10
d	Gambar	17	85	1	5	2	10
e	Tabel	16	80	4	20	0	0
f	Jumlah Soal Latihan	16	80	0	0	4	20
g	Tingkat Kesulitan Soal Latihan	18	90	0	0	2	10
VII	Rangkuman	20	100	0	0	0	0
VIII	Umpan Balik dan Tindak Lanjut	20	100	0	0	0	0
IX	Tes Formatif	16	80	1	0	3	15
a	Jumlah Soal	15	75	5	0	0	0
b	Tingkat Kesulitan Soal Tes Formatif	19	95	1	5	0	0
X	Kunci Jawaban	19	95	0	0	0	0
	Rata-rata	18,23	91,15	1,10	5,50	0,67	3,35

Tanggapan siswa terhadap modul yang diuji coba menunjukkan bahwa siswa menyatakan positif sebesar 91,15%, menyatakan netral 5,50% dan sisanya 3,35% menyatakan negatif. Hal ini berarti modul yang diujicobakan sudah mempunyai tingkat keterbacaan yang cukup baik. Siswa pada dasarnya telah dapat memahami dengan baik modul yang diberikan.. Siswa masih mengalami kesulitan dalam melacak genotip keturunan setelah diterapkan dalam peta silsilah, khususnya pada pewarisan rambut gembel. Siswa merasa senang dengan adanya modul tersebut, karena merasa mendapat pengalaman baru dalam menerapkan pengetahuan yang dimiliki untuk melakukan analisis genetik terhadap kejadian-kejadian sehari-hari yang ada di lingkungannya. Selama ini para siswa merasa belum mendapatkan contoh operasional bagaimana menerapkan pengetahuan yang dimiliki untuk mengkaji secara genetik kejadian-kejadian yang ada di sekitarnya.

Saran yang disampaikan dalam rangka perbaikan modul ini adalah berkaitan dengan uraian materi dalam modul. Siswa mengharapkan ada tambahan penjelasan karena materi yang diberikan dipandang masih terlalu sedikit, untuk dapat memahami persoalan yang dipelajari tersebut dengan baik. Jumlah soal yang diberikan terlalu sedikit, perlu ditambah disesuaikan dengan banyak sedikitnya materi yang dipelajari dalam modul

E. Simpulan dan Saran

Simpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Rambut *gembel* merupakan faktor keturunan, yang diturunkan dari kedua orang tuanya, bukan karena ku-

rangnya perawatan terhadap rambut. Rambut *gembel* ditentukan oleh gen autosomal resesif.

2. Siswa menanggapi modul yang diberikan, secara positif baik mengenai kedalaman materi, uraian materi, keterbacaan, keluasan materi, jumlah soal, tingkat kesulitan soal, petunjuk penggunaan, maupun kunci jawaban soal yang diberikan.

Saran untuk penelitian adalah perlu dikembangkan penelitian serupa dengan lebih banyak menggali potensi lokal yang ada di sekitar kita agar siswa semakin dapat menerapkan pengetahuan yang dimiliki.

Daftar Pustaka

- Anna C. Pai. 1985. *Dasar-dasar Genetika : Ilmu untuk Masyarakat*. Terjemahan: Muchidin Apandi Jakarta: Erlangga.
- Campbell Neil, Jane B. Reece dan Lawrence G Mitchell. 2002. *Biologi Jilid I* (terjemahan Wisman Manulu). Jakarta: Erlangga.
- Nana Sudjana dan Ahmad Rivai. 1989. *Teknologi Pengajaran*. Bandung: Sinar Baru.
- Nasution. 2000. *Berbagai Pendekatan dalam Proses Belajar dan Mengajar*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Suratsih dan Victoria Henuhili. 2003. *Genetika*. Malang : UM Press.
- Suratsih dan Victoria Henuhili. 2002. *Petunjuk Praktikum Genetika*. Malang : UM Press.
- Vembriarto. 1975. *Pengantar Pengajaran Modul*. Yogyakarta: Yayasan Pendidikan Paramitha.