

Bab

11

Pewarisan

Eksplorasi

Bab

- Pewarisan Monohibrid
- Pewarisan Dihibrid
- Gen dan Alel
- Pewarisan Manusia



Standard
Pembelajaran

Tahukah

Anda?

- Apakah yang dimaksudkan dengan pewarisan monohibrid?
- Apakah yang dimaksudkan dengan pewarisan dihibrid?
- Apakah hubung kait gen dan alel dalam pewarisan manusia?
- Apakah ciri-ciri yang dapat diwarisi dalam pewarisan manusia?



Lesung Pipit, Suatu Kecacatan Genetik

Individu yang mempunyai lekukan di pipi atau lebih dikenali sebagai lesung pipit mempunyai senyuman yang menawan. Tahukah anda bahawa lesung pipit atau gelasin sebenarnya merupakan suatu kecacatan genetik pada otot muka, iaitu otot zigomatikus major?

Otot zigomatikus lebih pendek daripada normal menyebabkan kulit tertarik dan terbentuklah lekuk pada pipi. Lesung pipit merupakan satu trait dominan yang dapat diwarisi. Anda akan mempelajari sesuatu trait itu dapat diwarisi dari satu generasi ke satu generasi dalam Bab 11 ini.



Kata Kunci



- ❖ Kacukan monohibrid
- ❖ Kacukan dihibrid
- ❖ Gen
- ❖ Alel
- ❖ Trait
- ❖ Ciri
- ❖ Dominan
- ❖ Resesif
- ❖ Homozigot
- ❖ Heterozigot
- ❖ Baka tulen
- ❖ Hibrid
- ❖ Generasi induk
- ❖ Generasi filial
- ❖ Genotip
- ❖ Fenotip
- ❖ Lokus
- ❖ Autosom
- ❖ Kromosom seks
- ❖ Kariotip
- ❖ Ciri terangkai seks
- ❖ Pedigri

11.1

Pewarisan Monohibrid

Definisi Kacukan Monohibrid

Pewarisan monohibrid melibatkan satu ciri dan trait berbeza yang dikawal oleh satu gen.



Eksperimen Mendel

Mendel telah mendapati bahawa tumbuhan kacang pis, *Pisum sativum*, mempunyai tujuh ciri. Pokok kacang pis ini mempunyai trait bertentangan yang nyata dan mudah dikesan (Rajah 11.1). Mendel menyaranakan teori bahawa ciri yang terdapat pada induk diturunkan kepada anak melalui gamet jantan dan gamet betina. Hal ini menunjukkan bahawa nukleus gamet jantan dan gamet betina membawa maklumat genetik pewarisan ciri tersebut. Faktor pewarisan yang menentukan sesuatu ciri itu kini dikenali sebagai gen.

Tip Kerjaya

Antara kerjaya yang melibatkan bidang genetik ialah kaunselor genetik, pakar genetik perubatan, pegawai penyelidikan klinikal dan perubatan.

ZON AKTIVITI

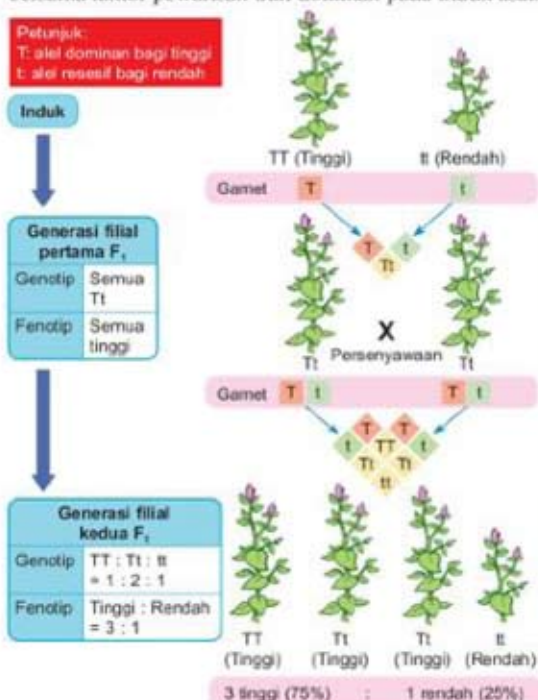
Kumpulkan maklumat tentang sejarah penemuan Hukum Mendel. Kemudian, bentangkan maklumat yang diperolehi di dalam kelas.

Ciri	Trait	
	Dominan	Resesif
Bentuk biji benih	Bulat	Berkedut
Warna biji benih	Kuning	Hijau
Bentuk pod	Licin	Berkedut
Warna pod	Hijau	Kuning
Warna bunga	Ungu	Putih
Kedudukan bunga	Aksial	Terminal
Ketinggian pokok	Tinggi	Rendah

Rajah 11.1 Tujuh ciri yang dikaji oleh Mendel

Dalam eksperimen pewarisan monohibrid, Mendel telah menggunakan tumbuhan kacang pis baka tulen bagi generasi induk untuk mengkaji pewarisan ciri-ciri yang terdapat dalam kacang pis. Pokok kacang pis **berbaka tulen** bermaksud pokok yang dihasilkan melalui pendebungan sendiri dan mempunyai trait sama dengan induk dari segi kandungan gen. Maka, tumbuhan tinggi dengan baka tulen akan sentiasa menghasilkan anak-anak yang tinggi sahaja dalam pendebungan sendiri.

Dalam prinsip kedominanan, Mendel menerangkan bahawa bagi sepasang trait yang bertentangan, satu trait ditentukan oleh **faktor pewarisan dominan**, manakala trait bertentagannya ditentukan oleh **faktor pewarisan resesif**. Faktor pewarisan yang dominan akan menindas kesan faktor pewarisan yang resesif. Hal ini menyebabkan trait resesif tidak kelihatan walaupun faktor pewarisannya wujud bersama faktor pewarisan trait dominan pada induk asal.



Rajah 11.2 Kacukan monohibrid yang dijalankan oleh Mendel

Eksplorasi Bio

Mendel memilih kacang pis sebagai bahan kajiannya kerana kacang pis:

- boleh ditanam dengan mudah dan menghasilkan anak pokok yang banyak,
- mempunyai struktur pembiaan jantan dan betina,
- selang antara generasi kacang pis adalah pendek, dan
- mempunyai ciri dan trait bertentangan yang jelas.

Mendel mengacukkan pokok kacang pis baka tulen tinggi (TT) dengan kacang pis baka tulen rendah (tt) (Rajah 11.2).

Hasil kacukan dua induk bertaka tulen menghasilkan generasi F_1 yang terdiri daripada tumbuhan yang tinggi sahaja (Tt). Hal ini menunjukkan bahawa trait tinggi (T) adalah bersifat **dominan**, manakala trait rendah (t) adalah **resesif**.

Mendel kemudiannya mengacukkan generasi F_1 secara **pendebungan sendiri** (Tt $\times$ Tt).

Nisbah generasi F_2 ialah 3:1 untuk tumbuhan tinggi terhadap tumbuhan rendah.

Istilah yang Berhubung dengan Pewarisan

Terdapat beberapa istilah penting yang perlu dipelajari sebelum anda meneruskan ke topik selanjutnya.

GEN DAN ALEL

Gen

- **Gen** merupakan unit asas pewarisan yang terdiri daripada satu segmen DNA yang menduduki lokus tertentu pada kromosom.
- Gen mengawal ciri yang tertentu dalam suatu organisma.

Alel

- **Alel** ialah bentuk alternatif gen bagi trait tertentu yang menduduki lokus yang sama pada sepasang kromosom homolog.

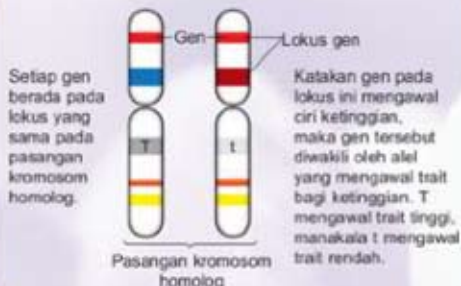
CIRI DAN TRAIT

Ciri

- **Ciri** ialah faktor yang diwariskan seperti ketinggian, warna mata, kumpulan darah dan kehadiran lesung pipit.
- Sesuatu ciri merupakan sifat tersendiri bagi sesuatu organisma.

Trait

- **Trait** pula ialah variasi bagi ciri tertentu. Setiap ciri yang diwarisi terdiri daripada trait tertentu. Sebagai contohnya, ketinggian adalah suatu ciri, manakala tinggi atau rendah adalah traitnya.



Rajah 11.3 Kedudukan gen pada kromosom homolog

FENOTIP DAN GENOTIP

Fenotip

- **Fenotip** merupakan ciri-ciri yang ditunjukkan atau dipamerkan oleh suatu organisma.
- Sebagai contohnya, tinggi.

Genotip

- **Genotip** merupakan komposisi gen suatu organisma dan tidak dapat dilihat.
- Sebagai contohnya, TT atau Tt (genotip bagi tinggi) atau tt (genotip bagi rendah).

Jadual 11.1 Ciri dan trait

Ciri	Trait	Genotip	Fenotip
Ketinggian	Tinggi	TT, Tt	Tinggi
	Rendah	tt	Rendah
Warna	Merah	RR, Rr	Merah
	Putih	rr	Putih
Kumpulan darah	A	I ^A I ^A , I ^A i	A
	B	I ^B I ^B , I ^B i	B
	AB	I ^A I ^B	AB
	O	ii	O

AELE DOMINAN DAN AELE RESESEIF

Alel dominan

- Alel dominan merupakan alel yang sentiasa menunjukkan traitnya apabila hadir dan menutup atau menindas kesan alel resesif.
- Diwakili dengan huruf besar. Sebagai contohnya, B.

Alel resesif

- Alel resesif merupakan alel yang menunjukkan traitnya apabila kedua-dua alel ialah alel resesif.
- Kesan alel resesif ditindas jika alel dominan hadir bersama-sama.
- Diwakili dengan huruf kecil, contohnya, b.

HOMOZIGOT DAN HETEROZIGOT

Homozigot

- Kedua-dua alel di lokus pasangan kromosom homolog adalah sama. Sebagai contohnya, BB atau bb.

Heterozigot

- Alel di lokus pasangan kromosom homolog adalah berbeza. Sebagai contohnya, Bb.

GENERASI INDUK DAN GENERASI FILIAL

Generasi induk

- Generasi induk ialah generasi pertama yang melibatkan dua individu yang dikacukkan bagi meramalkan atau menganalisis genotip anak yang dihasilkan.

Generasi filial

- Generasi filial ialah generasi yang terhasil daripada kacukan berturut-turut dari satu generasi induk yang mempunyai baka tulen.

TRAIT DOMINAN DAN TRAIT RESESEIF

Trait dominan

- Trait dominan akan ditunjukkan apabila kedua-dua alel dominan berpasangan atau satu alel dominan berpasangan dengan satu alel resesif.
- Sebagai contohnya, BB atau Bb.

Trait resesif

- Trait resesif akan dipamerkan jika alel resesif berpasangan dengan alel resesif.
- Sebagai contohnya, bb.

BAKA TULEN DAN HIBRID

Baka tulen

- Baka tulen bermaksud individu tersebut membawa dua alel yang sama untuk trait tersebut. Hasil pendebungaan sendiri akan sentiasa mengekalkan ciri induk dalam setiap generasi.

Hibrid

- Hibrid ialah hasil kacukan dua varieti berbakat tulen.

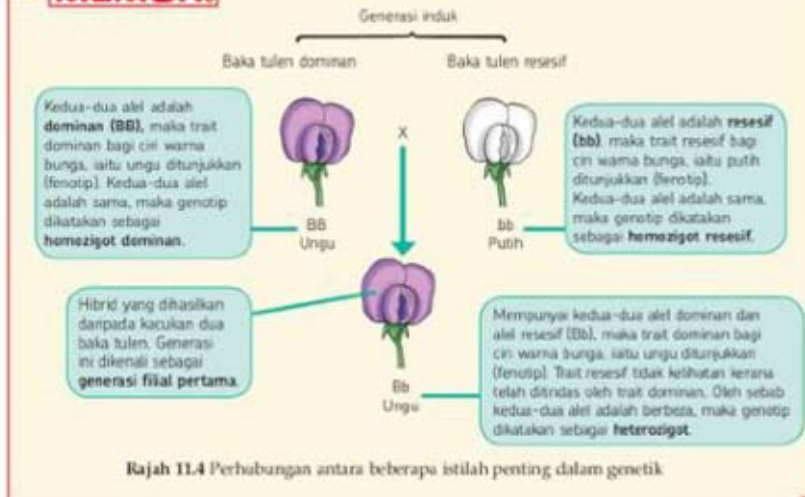
Inovasi Malaysia

Pada tahun 2019, Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia (MARDI) telah berjaya menghasilkan varieti padi hibrid pertama MR12H, yang dapat meningkatkan pengeluaran padi sehingga 20 peratus bagi setiap hektar.



Gambar foto 11.2 Bunga hibrid *Lilium asiatic*

TIP MEMORI



Bagaimanakah kita dapat menerangkan pewarisan warna bunga dalam Rajah 11.4 secara sistematik dan saintifik? Jika alel untuk trait warna ungu yang dominan dilabel sebagai B (huruf besar), maka alel untuk trait warna putih yang resesif akan dilabel sebagai b (huruf kecil). Maka, induk baka tulen akan mempunyai dua alel yang sama, iaitu bagi bunga warna ungu BB, manakala bunga warna putih bb.

Semasa pembentukan gamet, **kromosom homolog** akan terpisah semasa **meiosis** dan menghasilkan gamet yang membawa satu alel B daripada baka bunga warna ungu dan satu alel b daripada baka bunga warna putih. Persenyawaan antara gamet yang membawa alel B dengan gamet yang membawa alel b akan menghasilkan anak iaitu, **generasi filial pertama (F₁)** dengan genotip Bb. Oleh sebab alel B adalah dominan, maka kombinasi Bb akan menunjukkan **fenotip** bunga berwarna ungu sahaja. Kesan **alel resesif** ditindas disebabkan kehadiran **alel dominan**.

Jika generasi filial pertama ini dikacukkan sesama sendiri, **generasi filial kedua (F₂)** akan mempunyai genotip BB, Bb dan bb. Genotip BB dan Bb menunjukkan fenotip bunga berwarna ungu, manakala genotip bb menunjukkan fenotip bunga berwarna putih. Trait yang tidak kelihatan dalam generasi F₁ (bunga berwarna putih) muncul semula dalam generasi F₂. Pewarisan warna bunga yang diterangkan ini dapat ditunjukkan dalam bentuk rajah skema kacukan (Rajah 11.5).

Kacukan generasi induk

Fenotip induk

Genotip induk

Meiosis

Gamet

Pernyawaan

Genotip F_1 Fenotip F_1 **Kacukan generasi F_1** Fenotip F_1 Genotip F_1

Meiosis

Gamet

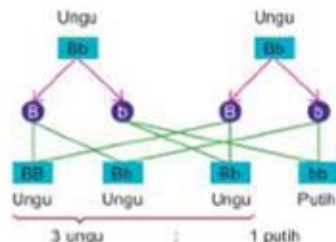
Pernyawaan

Genotip F_2 Fenotip F_2 Nisbah Fenotip F_2 

Petunjuk:
 B: alel dominan bagi trait ungu
 b: alel resesif bagi trait putih

Eksplorasi Bio

Daripada eksperimen kacukan monohibrid, Mendel mendapati nisbah fenotip 2.9:1 dalam generasi F_2 akan menghampiri nilai 3:1 jika bilangan sampel digunakan adalah besar. Bilangan sampel yang kecil akan menyebabkan nisbah yang diperoleh menjadi kurang tepat. Dalam persekitaran sebenar, nisbah yang diperoleh adalah berdasarkan peluang dan kebarangkalian. Maka, nisbah sebenar anak yang terhasil mungkin berbeza dengan nisbah yang dijangka.



Rajah 11.5 Rajah skema kacukan monohibrid bagi ciri warna bunga

Berdasarkan rajah kacukan dalam Rajah 11.5, bagi pewarisan monohibrid, nisbah genotip generasi F_2 ialah 1 BB : 2 Bb : 1 bb. Nisbah fenotip generasi F_2 pula ialah 3 ungu : 1 putih. **Segi empat Punnett** juga boleh digunakan untuk meramal nisbah dan kebarangkalian genotip dan fenotip anak yang terhasil. Kotak di dalam segi empat Punnett mewakili kombinasi alel yang mungkin di dalam zigot atau anak yang terhasil (Rajah 11.6).

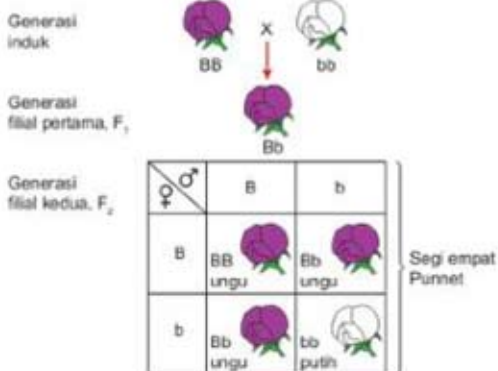
Blo dengan MATEMATIK

Pengiraan nisbah fenotip adalah berdasarkan prinsip matematik. Sebagai contoh, jika bentuk biji benih licin 5474 dan biji benih berkedut 1850, maka nisbahnya ialah:

Nisbah bilangan biji benih licin : nisbah bilangan biji benih berkedut

$$= \frac{5474}{1850} : \frac{1850}{1850} = 2.96 : 1$$

Nilai ini dibundarkan menjadi 3 : 1



Rajah 11.6 Kacukan monohibrid menggunakan segi empat Punnett

Adakah nisbah fenotip dalam kacukan monohibrid sentiasa mematuhi 3:1?
Untuk menguji nisbah kacukan monohibrid ini, mari kita jalankan Aktiviti 11.1.

Aktiviti 11.1



ANALOGI

Tujuan

Menjalankan aktiviti menggunakan manik berwarna untuk menggambarkan kacukan monohibrid secara analogi

Radas

Dua beg plastik hitam, 100 biji manik merah, 100 biji manik putih

Analogi

Manik merah mewakili alel dominan warna bunga merah (R)

Manik putih mewakili alel resesif warna bunga putih (r)

Prosedur

Kacukan antara dua tumbuhan heterozigot atau hibrid generasi filial pertama F_1

1. Masukkan 50 biji manik merah dan 50 biji manik putih ke dalam beg plastik hitam yang pertama. Beg plastik hitam mewakili pokok kacang pis yang mempunyai ciri warna bunga yang heterozigot.
2. Ulangi langkah 1 untuk beg plastik hitam yang kedua.
3. Kedua-dua beg digoncang untuk mencampurkan kacang-kacang itu secara sekata.
4. Tanpa melihat ke dalam beg-beg plastik tersebut, masukkan tangan ke dalam beg plastik pertama dan keluarkan satu biji manik. Keluarkan satu biji manik yang lain dari beg plastik kedua.
5. Letakkan kedua-dua manik di atas meja. Kedua-dua manik ini mewakili percantuman dua gamet.
6. Rekodkan kebarangkalian genotip dan fenotip untuk generasi F_2 yang terhasil dalam jadual.
7. Masukkan semula kedua-dua biji manik ke dalam beg plastik masing-masing.
8. Pastikan manik dimasukkan ke dalam beg plastik yang betul.
9. Ulangi langkah 3 hingga 7 sebanyak 50 kali.
10. Kira jumlah kombinasi genotip dan fenotip yang terhasil.

Perbincangan

1. Apakah jenis pewarisan yang ditunjukkan berdasarkan ciri yang dikaji dalam eksperimen ini?
2. (a) Adakah keputusan yang diperolehi mematuhi nisbah yang dijangkakan, iaitu 3:1?
(b) Terangkan keputusan yang diperolehi.
3. Mengapakah manik dikembalikan semula ke dalam beg plastik selepas setiap kali pemerhatian direkodkan? 
4. Berikan cadangan yang dapat meningkatkan ketepatan eksperimen ini. 

Hukum Mendel I

Mendel mengemukakan Hukum Mendel I yang dikenali sebagai **Hukum Segregasi** yang menyatakan bahawa:

Ciri sesuatu organisma dikawal oleh sepasang alel, hanya satu daripada pasangan alel ini akan diwariskan ke dalam gamet.

Rumusan daripada eksperimen monohibrid Mendel

Sesuatu ciri diturunkan daripada induk kepada satu generasi yang lain ditentukan oleh suatu faktor genetik yang kini dikenali sebagai **gen**.

Sesuatu trait dikawal oleh sepasang faktor yang kini disebut **alel**.

Sepasang alel ini akan segregasi (terpisah) secara rawak semasa pembentukan gamet. Hanya satu alel daripada pasangan ini akan berada di dalam gamet.

Semasa persenyawaan, zigot yang terhasil akan mengandungi dua alel (satu alel daripada setiap induk) bagi ciri yang tertentu.

Persenyawaan berlaku secara rawak, maka kombinasi genotip yang **homozigot dominan** akan menunjukkan trait dominan, manakala **homozigot resesif** akan menunjukkan trait resesif. **Genotip heterozigot** (kombinasi satu alel dominan dan satu alel resesif) menunjukkan trait dominan.

Praktis Formatif 11.1

1. Apakah yang dimaksudkan dengan baka tulen?
2. Dalam kacukan antara dua ekor tikus, B mewakili alel dominan bagi bulu hitam, manakala b mewakili alel resesif bagi bulu putih. Hasil kacukan ialah $\frac{1}{4} BB : \frac{1}{2} Bb : \frac{1}{4} bb$. Apakah warna bulu dan genotip induknya?
3. Katakan alel bagi tinggi diwakili oleh simbol T dan alel bagi kerdil diwakili oleh simbol t. Apakah genotip dan fenotip hasil kacukan antara pokok tinggi dengan pokok kerdil jika kedua-duanya merupakan baka tulen?

11.2 Pewarisan Dihybrid

Definisi Pewarisan Kacukan Dihybrid

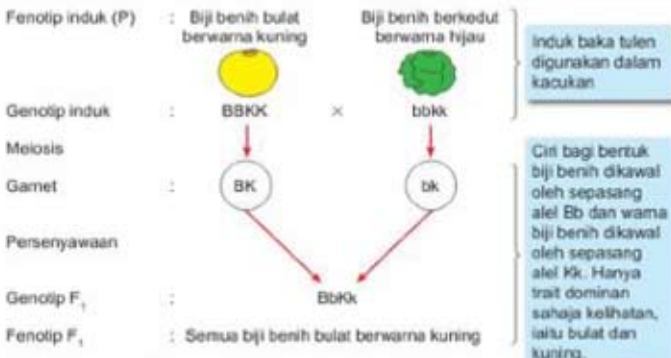
Pewarisan dihibrid melibatkan pewarisan dua ciri, setiap satu ciri dikawal oleh gen berlainan pada lokus berlainan.

Rajah 11.7 menunjukkan rajah skema pewarisan dihibrid antara dua induk tulen untuk mengkaji dua ciri pada kacang pis, iaitu warna biji benih dan bentuk biji benih. Dua induk baka tulen ini mempunyai pasangan alel homozigot dominan dan homozigot resesif. Kacukan antara dua induk tulen ini menghasilkan generasi F_1 yang menunjukkan trait yang dominan, iaitu biji benih bulat dan kuning.

Petunjuk:

B: alel dominan bagi biji benih bulat
b: alel resesif bagi biji benih berkedut
K: alel dominan bagi biji benih berwarna kuning
k: alel resesif bagi biji benih berwarna hijau

Kacukan generasi induk



Kacukan generasi F_1



Rajah 11.7 Rajah skema pewarisan dihibrid bagi ciri bentuk biji benih dan warna biji benih kacang pis

Apabila generasi F_1 yang terhasil daripada kacukan dihibrid di Rajah 11.7 dikacuk sesama sendiri, 16 kombinasi genotip F_2 akan terhasil. Kacukan ini menunjukkan empat ciri fenotip dalam generasi F_2 . Kacukan dihibrid ini dapat ditunjukkan melalui segi empat Punnett seperti dalam Rajah 11.8.

Gamet jantan Gamet betina	BK	Bk	bK	bk
BK	 BBKK Bulat, kuning	 BBKk Bulat, kuning	 BbKK Bulat, kuning	 BbKk Bulat, kuning
Bk	 BBKk Bulat, kuning	 BBkk Bulat, hijau	 BbKk Bulat, kuning	 Bbkk Bulat, hijau
bK	 BbKK Bulat, kuning	 BbKk Bulat, kuning	 bbKK Kedut, kuning	 bbKk Kedut, kuning
bk	 BbKk Bulat, kuning	 Bbkk Bulat, hijau	 bbKk Kedut, kuning	 bbkk Kedut, hijau

Rajah 11.8 Kacukan dihibrid generasi F_1 menggunakan segi empat Punnett

Nisbah fenotip yang terhasil bagi generasi F_2 ialah:



Hukum Mendel II

Mendel mengemukakan Hukum Mendel II yang dikenali sebagai **Hukum Pengaturan Bebas** yang menyatakan bahawa:

Semasa pembentukan gamet, setiap ahli daripada pasangan alel boleh bergabung secara rawak dengan mana-mana ahli daripada pasangan alel yang lain.

Rumusan daripada eksperimen dihibrid Mendel

Gabungan baru ciri muncul pada generasi F_2 , iaitu biji kedut berwarna kuning dan biji bulat berwarna hijau.

Dua pasang ciri (bentuk dan warna biji) digabungkan dalam generasi F_1 , tetapi kemudiannya terpisah dan bertindak secara bebas daripada satu sama lain dalam generasi F_2 .

ZON AKTIVITI

Kumpulkan maklumat tentang pewarisan Hukum Mendel II. Kemudian, bentangkan di dalam kelas.

Praktis Formatif 11.2

1. Mendel menjalankan kacukan antara pokok kacang pis untuk mengkaji dua ciri, iaitu kedudukan bunga dan warna bunga. Apakah jenis pewarisan ini?
2. Jadual yang berikut menunjukkan kacukan dihibrid antara dua pokok kacang pis.

Fenotip induk	Biji benih bulat dan warna kuning	Biji benih berkedut dan warna hijau
Genotip induk	RrYy	rryy

Petunjuk:

R: alel dominan bagi biji benih bulat
r: alel resesif bagi biji benih berkedut
Y: alel dominan bagi biji benih warna kuning
y: alel resesif bagi biji benih warna hijau

Apakah fenotip generasi F₂ yang mungkin dihasilkan?

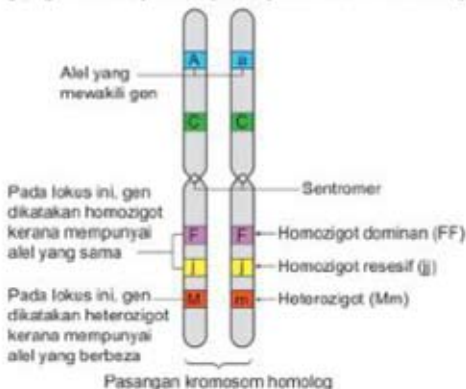
11.3 Gen dan Alel

Definisi Lokus

Lokus merupakan lokasi spesifik yang diduduki oleh gen pada kromosom.

Setiap kromosom membawa banyak gen. Dalam manusia, bilangan gen yang mengekodkan protein dalam satu set kromosom haploid dianggarkan sebanyak 25 000.

Alel yang mewakili sesuatu gen turut menduduki lokus yang sama dengan gen tersebut. Rajah 11.9 menunjukkan terdapat lima gen berserta alel masing-masing pada lokus yang tertentu pada sepasang kromosom homolog.



Rajah 11.9 Lokus, gen dan alel pada sepasang kromosom homolog

11.2.5 11.3.1 11.3.2

Aktiviti 11.2



Tujuan

Membuat analogi untuk menghubungkan alel, lokus dengan gen pada kromosom

Prosedur

1. Jalankan aktiviti ini secara berpasangan.
2. Rajah 11.10 menunjukkan satu contoh analogi yang menghubungkan alel, lokus dengan gen pada kromosom.
3. Fikirkan dan lukiskan satu contoh analogi lain untuk menghubungkan alel, lokus dengan gen pada kromosom.
4. Bentangkan analogi anda di dalam kelas.

Kromosom:

Pusat beli-belah X

Lokus:

Tempat letak kereta tingkat 1, kotak 212, 213, 214

Gen:

Kereta sedan

Alel:

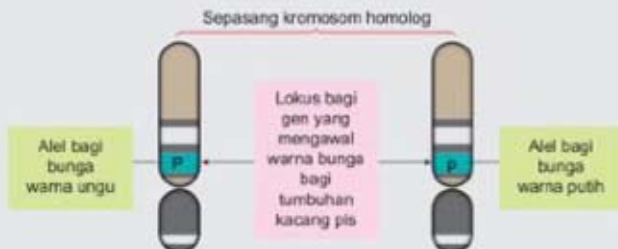
Kereta sedan jenama P
Kereta sedan jenama Q
Kereta sedan jenama R



Rajah 11.10 Contoh analogi alel, lokus dan gen pada kromosom

Praktis Formatif 11.3

1. Berikan maksud:
 - (a) Lokus
 - (b) Alel
2. Berdasarkan rajah di bawah, terangkan perkaitan antara lokus, gen dan alel.



11.4

Pewarisan Manusia

Terdapat dua jenis kromosom dalam manusia, iaitu **autosom** dan **kromosom seks** (Jadual 11.2). Sel soma manusia mempunyai **44 autosom** dan **2 kromosom seks**. Autosom berbeza dari segi saiz dan panjang.

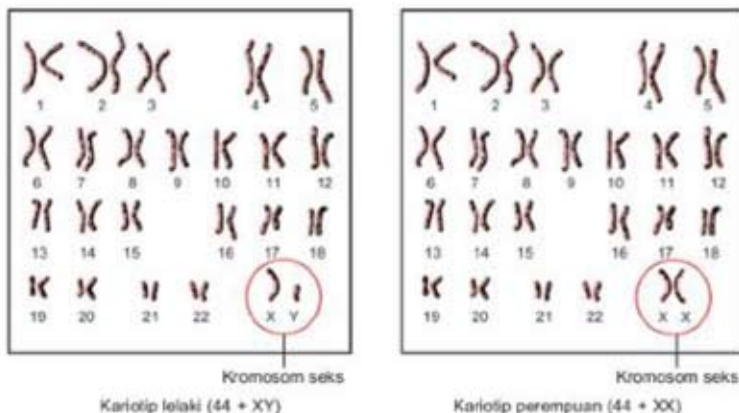
Jadual 11.2 Jenis kromosom dalam manusia

	Autosom	Kromosom seks
Ciri-ciri	Terdiri daripada pasangan kromosom homolog nombor 1 hingga 22	Terdiri daripada pasangan kromosom nombor 23
Fungsi	Mengawal semua ciri sel soma	Mengandungi gen yang menentukan jenis jantina
Contoh	Jenis kumpulan darah, ketinggian dan warna kulit	Bagi lelaki, kromosom seks ialah XY, manakala bagi perempuan ialah XX

Eksplorasi Bio

Kromosom seks bagi lelaki, iaitu XY mempunyai saiz yang berbeza. Kromosom X adalah lebih panjang manakala kromosom Y adalah pendek. Kromosom Y hanya membawa gen yang terlibat dalam penentuan ciri seks sahaja.

Bilangan dan struktur kromosom yang hadir di dalam nukleus sel dikenali sebagai kariotip (Rajah 11.11). Kromosom disusun secara berpasangan, iaitu mengikut pasangan kromosom homolog berdasarkan **saiz**, **kedudukan sentromer** dan **corak jalur** pada kromosom.



Rajah 11.11 Kariotip manusia

Mari kita jalankan Aktiviti 11.3 untuk memahami cara menyusun kromosom manusia untuk mendapatkan kariotip seperti yang dilakukan oleh ahli genetik.

Aktiviti 11.3



Tujuan

Memadankan kromosom sebelah bapa (paternal), dan kromosom sebelah ibu (maternal) dalam lukisan kromosom manusia untuk membina kariotip lengkap seseorang individu

Bahan

Kertas cetakan lukisan kromosom manusia, kertas kosong

Radas

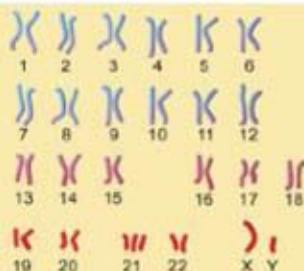
Gunting, gam

Prosedur

1. Dapatkan kertas cetakan lukisan kromosom manusia daripada guru anda.
2. Bina satu kariotip lengkap seseorang individu dengan memadankan kromosom paternal dan kromosom maternal menggunakan mikrofot kromosom manusia daripada lukisan yang disediakan.
 - (a) Potong dan susun pasangan kromosom homolog daripada saiz yang paling besar dan paling panjang kepada pasangan yang paling kecil dan pendek.
 - (b) Nomborkan susunan anda mengikut saiz dan kepanjangan pasangan kromosom homolog.
 - (c) Akhiri susunan anda dengan pasangan kromosom seks.

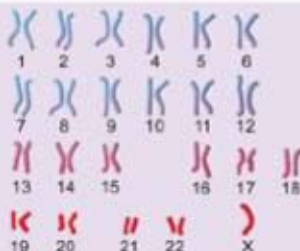
Perubahan bilangan kromosom boleh terjadi akibat kegagalan kromosom homolog berpisah semasa **anafasa I** atau kromatid kembar gagal terpisah semasa **anafasa II**. Peristiwa ini dipanggil sebagai **tak disjungsi** dan boleh berlaku kepada kromosom-kromosom tertentu. Apabila tak disjungsi berlaku dalam manusia, gamet sama ada sperma atau ovum, boleh mempunyai bilangan kromosom yang kurang daripada 23, iaitu 22 atau lebih daripada 23, iaitu 24. Maka, apabila persenyawaan berlaku zigot yang terhasil mungkin mempunyai **45 kromosom** atau **47 kromosom**. Contoh-contoh penyakit genetik yang disebabkan oleh tak disjungsi kromosom termasuklah **sindrom Down** (Rajah 11.12), **sindrom Turner** (Rajah 11.13) dan **sindrom Klinefelter** (Rajah 11.14).

- Jumlah kromosom ialah 47, iaitu **45 + XY**. Terdapat satu kromosom lebih pada pasangan kromosom ke-21.
- Sindrom Down juga dikenali sebagai **trisomi 21**. Sindrom Down boleh berlaku kepada lelaki atau perempuan.



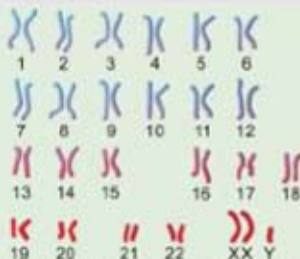
Rajah 11.12 Kariotip seorang lelaki dengan sindrom Down

- Bagi **sindrom Turner**, jumlah kromosom ialah 45, iaitu $44 + XO$.
- Terdapat kekurangan satu kromosom X pada pasangan kromosom seks.
- Jantina individu bagi sindrom Turner ialah perempuan.



Rajah 11.13 Kariotip sindrom Turner

- Kariotip bagi **sindrom Klinefelter** menunjukkan bilangan kromosom sebanyak 47, iaitu $44 + XXY$.
- Terdapat tambahan satu kromosom X pada kromosom seks. Jantina individu bagi sindrom Klinefelter ini ialah lelaki.
- Walau bagaimanapun, ciri-ciri seks sekunder bagi lelaki tidak berkembang.



Rajah 11.14 Kariotip sindrom Klinefelter

Pewarisan Manusia

Kumpulan darah ABO

Anda telah mempelajari kumpulan darah ABO ini semasa di tingkatan empat. Seperti yang telah anda ketahui, kumpulan darah ABO dikelaskan kepada kumpulan darah **A**, **B**, **AB** dan **O**.

Sistem darah ABO dalam manusia merupakan satu contoh bagi alel berbilang. Kumpulan darah dikawal oleh satu gen yang terdiri daripada tiga alel yang berlainan pada satu lokus, iaitu **alel I^A** , **I^B** dan **I^O** . Alel-alel ini menentukan jenis antigen yang terdapat pada permukaan membran sel darah merah. Walau bagaimanapun, seseorang itu hanya membawa dua alel sahaja untuk penentuan kumpulan darah.

Kedua-dua I^A dan I^B adalah alel dominan, manakala I^O adalah alel resesif. Maka, kombinasi alel I^A dan I^O ($I^A I^O$) akan menunjukkan fenotip darah kumpulan A, manakala $I^B I^O$ menunjukkan fenotip darah kumpulan B. Alel I^A dan I^B adalah **kodominan** terhadap satu sama lain. Apabila kedua-dua alel ini hadir bersama, kesan kedua-dua alel ditunjukkan. Kombinasi kedua-dua alel ini menunjukkan fenotip darah kumpulan AB. Jadual 11.3 menunjukkan ringkasan tentang ciri-ciri fenotip dan genotip kumpulan darah ABO dalam manusia.

11.43 11.44



Gambar foto 11.3 Ujian darah untuk mengenal pasti kumpulan darah seseorang

Jadual 11.3 Ciri-ciri genotip dan fenotip kumpulan darah manusia

Fenotip (kumpulan darah)	Genotip
A	$I^A I^A$ atau $I^A i$
B	$I^B I^B$ atau $I^B i$
AB	$I^A I^B$
O	ii

Petunjuk:
 I^A dan I^B : alel dominan
 i : alel resesif

Bagaimanakah anda menyelesaikan masalah pewarisan kumpulan darah seperti yang berikut?

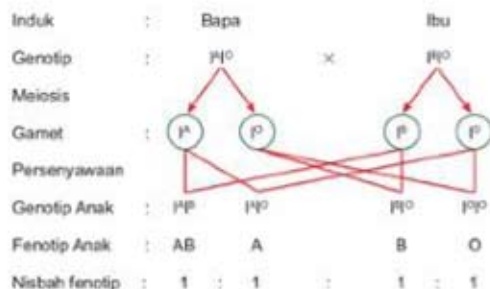
Seorang lelaki yang mempunyai kumpulan darah A berkahwin dengan seorang perempuan yang mempunyai kumpulan darah B. Terangkan kemungkinan pasangan ini mendapat anak yang mempunyai kumpulan darah O.

Penyelesaian

Kedua-dua ibu bapa ialah heterozigot bagi darah A dan darah B. Rajah skema kacukan pewarisan darah ini ditunjukkan dalam Rajah 11.15.

Eksplorasi Bio

Pewarisan kumpulan darah merupakan satu contoh yang tidak mengikut Hukum Mendel. Menurut Mendel, satu gen mempunyai dua alel sahaja (satu alel dominan dan satu alel resesif).

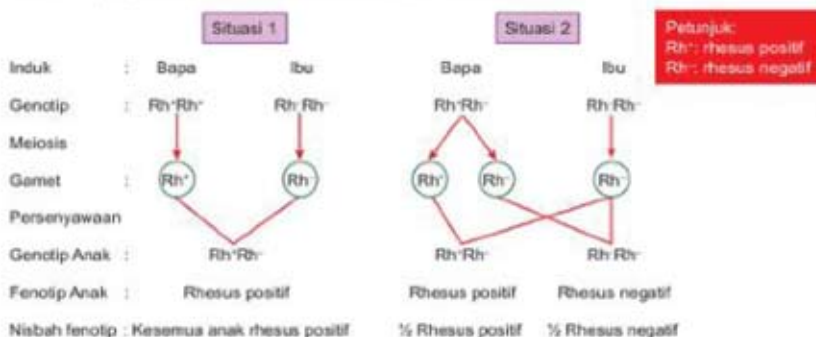


Rajah 11.15 Rajah skema kacukan pewarisan darah kumpulan ABO

Faktor Rhesus (Rh)

Selain **antigen A** dan **antigen B** yang terdapat pada permukaan sel darah merah manusia, terdapat satu lagi antigen, iaitu **antigen D** yang dikenali sebagai faktor **Rhesus (Rh)**. Sel darah merah individu yang mengandungi faktor Rhesus disebut sebagai **Rhesus positif (Rh⁺)**, manakala individu yang tidak mempunyai faktor Rhesus dikenali sebagai **Rhesus negatif (Rh⁻)**.

Pewarisan faktor Rhesus daripada ibu bapa kepada anak adalah berdasarkan prinsip Hukum Mendel. Faktor Rhesus dikawal oleh gen yang terdiri daripada sepasang alel, iaitu Rh^+ yang bersifat **dominan**, manakala Rh^- bersifat **resesif**. Genotip bagi individu Rh positif mungkin **homozigot dominan** (Rh^+Rh^+) atau **heterozigot** (Rh^+Rh^-). Individu yang Rh negatif ialah **homozigot resesif** (Rh^-Rh^-). Rajah 11.16 menunjukkan pewarisan faktor Rhesus. Bolehkah anda membina rajah skema bagi kacukan yang ditunjukkan berdasarkan Rajah 11.16 di bawah?

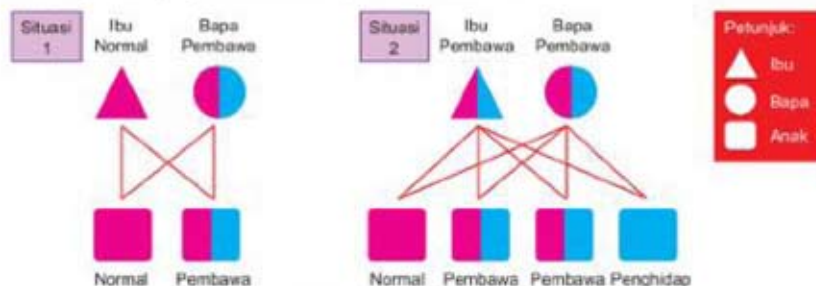


Rajah 11.16 Rajah skema kacukan pewarisan faktor Rhesus

Talasemia

Penyakit talasemia ialah penyakit pewarisan. Penyakit ini diturunkan daripada satu generasi ke generasi yang seterusnya.

Talasemia berlaku disebabkan oleh **mutasi gen** yang berlaku pada **autosom**, iaitu pada **kromosom 11** atau **16**. Talasemia merupakan penyakit yang disebabkan oleh pembentukan hemoglobin yang abnormal dan kekurangan bilangan hemoglobin. Saiz sel darah merah adalah lebih kecil dan lebih pucat. Rajah 11.17 menunjukkan kebarangkalian yang berlaku dalam pewarisan talasemia.



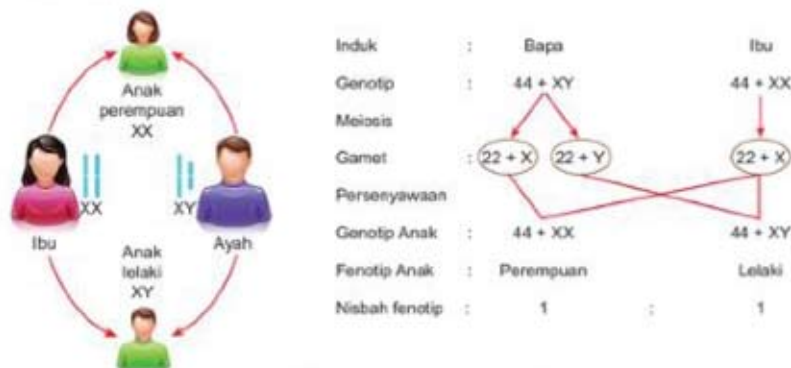
Rajah 11.17 Pewarisan talasemia

Pembawa talasemia dikatakan sebagai **talasemia minor** yang mana seseorang individu itu mempunyai alel resesif talasemia tetapi tidak mempunyai tanda-tanda talasemia. Pengesanan talasemia hanya boleh dibuat melalui ujian darah. **Penghidap talasemia** pula dikatakan sebagai **talasemia major** yang mana seseorang individu itu membawa kedua-dua alel resesif talasemia. Penghidap talasemia major akan menunjukkan tanda-tanda talasemia seperti kelihatan letih dan pucat, sesak nafas serta perubahan pada pembentukan tulang muka sejak dari umur 3 - 18 bulan.



Penentuan Jantina

Lelaki mempunyai $44 + XY$ kromosom dan perempuan $44 + XX$. Sperma yang dihasilkan oleh testis ialah haploid dan membawa dua jenis kromosom, iaitu $22 + X$ dan $22 + Y$. Oosit sekunder yang dihasilkan juga ialah haploid dan membawa satu jenis kromosom, iaitu $22 + X$. Seks atau jantina anak ditentukan semasa persenyawaan (Rajah 11.18).



Rajah 11.18 Penentuan jantina anak.

Ciri Terangkai Seks

Gen-gen yang mengawal ciri tertentu yang terletak pada kromosom seks tetapi tidak terlibat dalam penentuan ciri seks dikenali sebagai **gen terangkai seks**. Gen-gen **buta warna** dan **hemofilia** terdapat pada kromosom X. Gen-gen ini dipanggil **gen terangkai X**. Sifat buta warna dan hemofilia disebabkan oleh gen resesif yang terangkai pada kromosom X. Kromosom Y adalah lebih pendek daripada kromosom X dan tidak mempunyai banyak alel seperti pada kromosom X. Maka, bagi lelaki, mana-mana trait yang disebabkan oleh alel dominan atau alel resesif pada kromosom X sahaja yang akan ditunjukkan.

Buta Warna

Buta warna merupakan keadaan seseorang itu tidak dapat membezakan warna yang tertentu, biasanya warna merah dan hijau. Buta warna berlaku disebabkan oleh alel resesif yang dibawa pada kromosom X dan kebanyakan penghidap buta warna ialah lelaki.

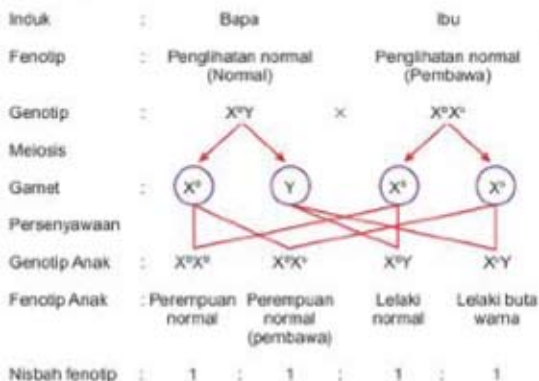
Dalam kajian pewarisan trait terangkai seks, kromosom X dan Y sentiasa ditunjukkan semasa menulis genotip. Alel dominan diwakili oleh huruf besar manakala alel resesif diwakili oleh huruf kecil pada kromosom X. Cara menulis genotip untuk pewarisan buta warna adalah seperti dalam Jadual 11.4.

Jadual 11.4 Genotip dan fenotip bagi pewarisan buta warna

Fenotip	Genotip	
	Lelaki	Perempuan
Normal	X^MY	X^MX^M
Pembawa	-	X^MX^m
Buta warna	X^mY	X^mX^m

Petunjuk:
 X^M : alel dominan
 X^m : alel resesif

Rajah 11.19 menunjukkan rajah skema pewarisan buta warna jika seorang lelaki yang mempunyai penglihatan normal berkahwin dengan seorang perempuan yang heterozigot untuk buta warna.



Rajah 11.19 Rajah skema kacukan pewarisan buta warna

ZON AKTIVITI

Jalankan ujian Ishihara untuk mengenal pasti pewarisan buta warna di kalangan rakan sekelah anda.



Rajah 11.20 Contoh plat ujian Ishihara

Eksplorasi Bio

Ujian Ishihara (Ishihara Test) merupakan satu ujian saringan penglihatan warna yang terkenal dan digunakan di seluruh dunia sejak tahun 1917. Ujian ini dicipta oleh seorang pakar Oftalmologi berbangsa Jepun, Shinobu Ishihara (1879–1963). Ujian ini direka untuk menyaring kecacatan penglihatan warna hijau-merah yang lazim berlaku dalam masyarakat. Individu yang mempunyai penglihatan warna normal akan dapat mengesan digit-digit nombor atau corak yang terdapat di dalam plat ujian Ishihara (Rajah 11.20), manakala individu yang mempunyai kecacatan penglihatan warna pula akan melaparkan nombor yang berlainan atau gagal mengesan sebarang nombor atau bentuk.

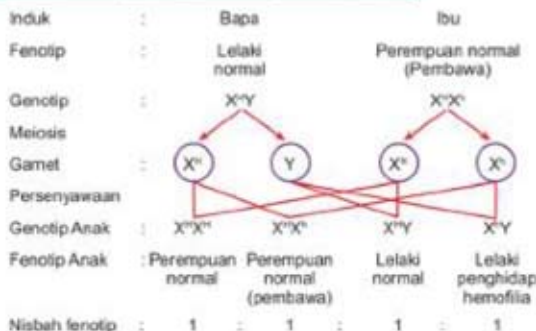
Hemofilia

Hemofilia merupakan keadaan darah tidak dapat membeku secara normal disebabkan kekurangan faktor pembekuan darah. Hal ini mengakibatkan pendarahan berlebihan secara dalaman atau luaran dan dapat menyebabkan kematian. Hemofilia disebabkan kehadiran **alel resesif** pada **kromosom X** dan faktor ini menyebabkan lelaki menjadi penghidap hemofilia. Perempuan hanya mendapat hemofilia jika terdapat dua alel resesif pada kedua-dua kromosom X. Jadual 11.5 menunjukkan penulisan genotip dan fenotip bagi pewarisan hemofilia. Rajah 11.21 pula menunjukkan rajah skema bagi pewarisan hemofilia.

Jadual 11.5 Genotip dan fenotip bagi pewarisan hemofilia

Fenotip	Genotip	
	Lelaki	Perempuan
Normal	$X^H Y$	$X^H X^H$
Pembawa	-	$X^H X^h$
Hemofilia	$X^h Y$	$X^h X^h$

Petunjuk:
 X^H : alel dominan
 X^h : alel resesif



Rajah 11.21 Rajah skema pewarisan penyakit hemofilia dalam satu keluarga

Kebolehan Menggulung Lidah dan Bentuk Lekapan Cuping Telinga

Kebolehan menggulung lidah serta bentuk lekapan cuping telinga (Gambar foto 11.4 (a) dan (b)) merupakan ciri-ciri yang boleh diwarisi daripada ibu bapa kepada anak-anak mengikut Hukum Mendel. Kebolehan menggulung lidah dikatakan sebagai satu trait dominan. Bentuk cuping telinga tidak melekap pula adalah dominan terhadap cuping telinga melekap.



(a) Kebolehan menggulung lidah



(b) Lekapan cuping telinga

Gambar foto 11.4

TMK

Kebolehan menggulung lidah dan bentuk lekapan cuping telinga

<http://bukuleksia.com.my/Book/15/145/249.pdf>

Info

Pedigri Keluarga

Pedigri atau salasilah keluarga boleh dianalisis untuk menyiasat pewarisan ciri manusia. Pedigri keluarga merupakan satu carta aliran melalui beberapa generasi untuk menunjukkan **perhubungan keturunan** dan **pewarisan ciri** yang dikaji daripada nenek moyang sepunya kepada individu-individu dalam generasi semasa.

Analisis pedigri keluarga ini membolehkan ahli genetik membuat ramalan tentang pewarisan ciri gen yang berkenaan; dan juga mengenal pasti sifat dominan gen atau sifat resesif gen. Biasanya ciri gen dominan muncul dalam semua generasi, manakala ciri gen resesif mungkin tersembunyi dalam generasi-generasi yang tertentu. Rajah 11.22 menunjukkan carta pedigri suatu keluarga bagi tiga generasi. Berdasarkan rajah tersebut, bolehkah anda terangkan mengenai pewarisan penyakit dalam keluarga tersebut?



Rajah 11.22 Pewarisan penyakit hemofilia dalam satu keluarga

Aktiviti 11.4



Tujuan

Membina pedigri keluarga berdasarkan maklumat fenotip dan genotip ahli keluarga

Prosedur

1. Jalankan aktiviti ini secara individu.
2. Perhatikan satu ciri (fenotip) yang diturunkan dalam keluarga anda.
3. Bermula daripada anda, bina satu carta pedigri keluarga melalui beberapa generasi untuk menunjukkan pewarisan ciri yang anda kaji.
4. Bentangkan rajah pedigri keluarga yang dibina di dalam kelas.

Praktis Formatif 11.4

1. Seorang perempuan mempunyai kumpulan darah B heterozigot, manakala seorang lelaki mempunyai kumpulan darah A heterozigot. Jika pasangan ini mempunyai sepasang anak kembar tak seiras, apakah kebarangkalian kedua-dua anak itu mempunyai kumpulan darah A? Terangkan pewarisan kumpulan darah keluarga ini menggunakan rajah skema kacukan dan simbol yang sesuai.
2. Seorang perempuan yang heterozigot bagi hemofilia berkahwin dengan seorang lelaki normal. Apakah kebarangkalian mereka mendapat anak lelaki yang menghidap hemofilia?
3. Seorang lelaki yang homozigot bagi kebolehan menggulung lidah berkahwin dengan perempuan yang heterozigot bagi kebolehan menggulung lidah. Apakah implikasi kacukan ini?



Imbas Memori



Bio Interaktif 11

REFLEKSI KENDIRI



Lengkapkan refleksi sendiri ini untuk menyemak konsep-konsep penting yang telah anda pelajari.

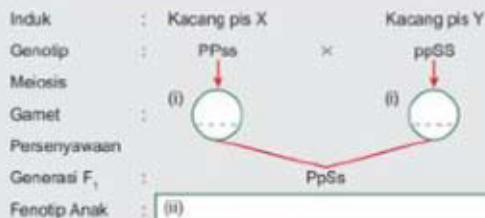


Konsep penting	Sangat baik	Berusaha lagi
Maksud kacukan monohibrid		
Kacukan monohibrid berdasarkan eksperimen Mendel		
Istilah-istilah yang berhubung dengan pewarisan		
Rajah kacukan pewarisan monohibrid		
Hukum Mendel I		
Kacukan dihibrid berdasarkan eksperimen Mendel		
Rajah kacukan pewarisan dihibrid		
Hukum Mendel II		
Maksud lokus		
Hubung kait alel dan lokus dengan gen pada kromosom		
Jenis kromosom manusia		
Kariotip manusia dan penyakit genetik		
Hukum Mendel dengan pewarisan manusia		
Pedigri keluarga		

Praktis Sumatif 11

1. Rajah 1 menunjukkan kacukan antara dua pokok kacang pis, X dan Y. Katakan:

P : alel dominan bagi bunga berwarna ungu
 p : alel resesif bagi bunga berwarna putih
 S : alel dominan bagi pod lon
 s : alel resesif bagi pod berkedut



Rajah 1

- (a) Nyatakan fenotip bagi tumbuhan induk X dan Y.
- (b) Lengkapkan genotip gamet yang dihasilkan oleh setiap induk dan fenotip bagi generasi F_2 pada Rajah 1.
- (c) Jadual 1 menunjukkan genotip generasi F_2 selepas generasi F_1 dikacukkan dengan generasi F_1 yang lain. Jumlah bilangan anak F_2 ialah 16.

Jadual 1

Gamet	PS	P _s	pS	ps
PS	PPSS	PPSs	PpSS	PpSs
P _s	PPSs	PPss	PpSs	Ppss
pS	PpSS	PpSs	ppSS	ppSs
ps	PpSs	Ppss	ppSs	ppss

- (i) Nyatakan kebarangkalian generasi F_2 pokok kacang pis bunga berwarna ungu dan bentuk pod berkedut.
- (ii) Nyatakan kebarangkalian generasi F_2 pokok kacang pis bunga berwarna ungu dan bentuk pod licin.
- (iii) Dalam Jadual 1, bulatkan genotip generasi F_2 bagi pokok kacang pis bunga berwarna putih dan bentuk pod licin. Kemudian, tentukan kebarangkalian generasi F_2 bagi fenotip tersebut.
- (d) Nyatakan nisbah fenotip anak dalam generasi F_2 .

Bunga berwarna
ungu, pod licin

Bunga berwarna
ungu, pod kedut

Bunga berwarna
putih, pod licin

Bunga berwarna
putih, pod licin

- (e) Berdasarkan Rajah 1 dan Jadual 1, nyatakan Hukum Mendel Kedua.

2. Seorang lelaki mempunyai penglihatan warna yang normal, manakala isterinya seorang yang buta warna. X^b ialah alel dominan bagi penglihatan warna normal, manakala x^b ialah alel resesif bagi buta warna. Apakah kebarangkalian anak-anak mereka

- (a) buta warna?
- (b) penglihatan warna normal tetapi pembawa?

Terangkan jawapan anda dengan menggunakan rajah skema kacukan.

Minda Abad ke-21

3. Pada sejenis lembu, muka putih dan tanduk panjang merupakan trait yang dominan terhadap muka hitam dan tanduk pendek seperti yang ditunjukkan dalam Gambar foto 1. Seorang penternak bercadang untuk memternak semua lembu muka putih dan tanduk panjang di ladang ternakannya. Namun sebelum itu, dia perlu memastikan bahawa lembu jantan dan lembu betina yang dimilikinya ialah baka tulen. Sebagai seorang ahli genetik, bagaimanakah anda dapat membantu penternak tersebut untuk mengenal pasti sama ada lembu tersebut merupakan baka tulen atau hibrid?



Gambar foto 1