

BAB 14

PEWARISAN

TINGKATAN 5

14.1 KONSEP PEWARISAN BERDASARKAN EKSPERIMEN MENDEL

- 1 **Pewarisan** adalah penurunan ciri daripada induk kepada anak dari satu generasi ke generasi seterusnya.
- 2 **Ciri** adalah sifat yang ketara bagi suatu organisma yang boleh diwarisi dari satu generasi ke generasi yang lain. Contohnya, ketinggian dan warna kulit.
- 3 **Trait** adalah varian bagi suatu ciri khusus. Setiap ciri mempunyai trait yang tersendiri (Jadual 14.1).

Jadual 14.1 Ciri dan trait masing-masing

Ciri	Trait
Ketinggian	Rendah atau tinggi
Warna mata	Hitam/coklat/biru/hijau
Bentuk biji benih	Bulat atau berkedut
Warna biji benih	Kuning atau hijau

- 4 Ciri tersebut diturunkan kepada anak melalui **gamet**.

- 5 Suatu ciri ditentukan oleh **faktor pewarisan** yang dipanggil **gen**.

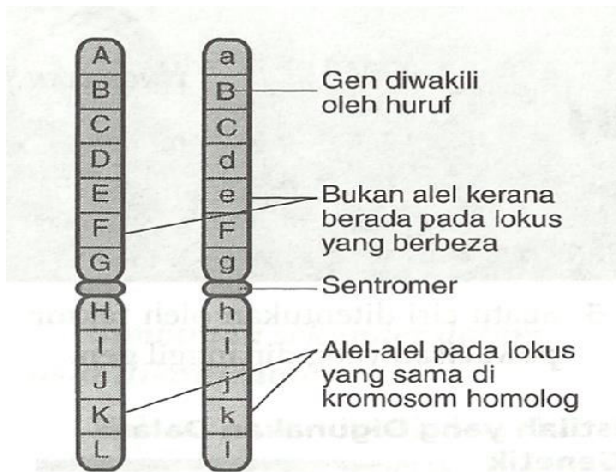
Istilah yang Digunakan Dalam Genetik

Gen

- 1 Gen adalah **unit asas pewarisan** yang menentukan ciri tertentu dalam suatu organisma.
- 2 Gen terdiri daripada satu **segmen DNA** pada lokus yang spesifik di kromosom.
- 3 Gen mengawal ciri tertentu dan biasanya wujud berpasangan yang dipanggil **alel**.

Alel

- 1 Alel adalah bentuk alternatif gen yang menduduki **lokus yang sama di kromosom homolog**.
- 2 Satu daripada setiap pasangan alel diturunkan dari induk jantan dan satu lagi diturunkan dari induk betina.
- 3 Setiap ciri dikawal oleh sepasang alel. Contohnya, ketinggian dikawal oleh sepasang alel untuk ciri ketinggian.
- 4 Alel boleh wujud dalam dua bentuk: **dominan** atau **resesif**.



Rajah 14.1 Lokasi gen dan alel di sepasang kromosom homolog

- 5 Satu huruf digunakan untuk mewakili satu gen untuk satu ciri.
- 6 Dua alel untuk satu gen diwakili oleh huruf besar dan huruf kecil (Rajah 14.1).

Alel dominan

- 1 Alel dominan diwakili oleh huruf besar.
- 2 Alel dominan mempamerkan trait dominan suatu ciri.
- 3 Trait dominan dipamerkan apabila kedua-dua alel adalah dominan atau sekurang-kurangnya satu alel dominan hadir.
- 4 Contohnya:
 - (a) Ciri ketinggian pokok pea hijau dikawal oleh sepasang alel. Trait dominan adalah batang yang tinggi. Alel dominan diwakili oleh T.
 - (b) Trait dominan dipamerkan apabila kedua-dua alel adalah dominan (TT) atau apabila satu alel dominan dan satu alel lagi resesif (Tt).

Alel resesif

- 1 Alel resesif diwakili oleh huruf kecil.
- 2 Alel resesif hanya akan mempamerkan trait resesif apabila **tiada alel dominan**. Maka, trait resesif akan dipamerkan apabila kedua-dua alel adalah resesif.
- 3 Contohnya, trait resesif untuk batang pendek dipamerkan apabila kedua-dua alel adalah resesif (tt).

Genotip

- 1 Genotip suatu organisma adalah **kandungan genetik** suatu organisma. Genotip merupakan kombinasi alel dalam organisma.
- 2 Genotip menentukan trait yang akan dipamerkan. Genotip untuk suatu ciri adalah **homozigot** apabila kedua-dua alel adalah sama.
- 3 Genotip adalah **homozigot dominan** apabila kedua-dua alel adalah dominan (TT).
- 4 Genotip adalah **homozigot resesif** apabila kedua-dua alel adalah resesif (tt).
- 5 Genotip adalah **heterozigot** apabila dua alel berbeza untuk satu ciri (Tt).

Fenotip

- 1 Fenotip suatu organisma ialah penampilan fizikal atau **ciri yang ditonjolkan** oleh suatu organisma.
- 2 Fenotip suatu organisma ditentukan oleh gen tetapi boleh **dipengaruhi oleh faktor persekitaran**.
- 3 Contohnya, fenotip warna biji benih mungkin kuning atau hijau, fenotip ketinggian mungkin tinggi

atau rendah, jenis rambut mungkin keriting atau lurus.

- 4 Fenotip untuk **trait dominan** mempunyai dua genotip: **homozigot dominan** (TT) atau **heterozigot** (Tt).
- 5 Fenotip untuk **trait resesif** hanya mempunyai satu genotip: **homozigot resesif** (tt).

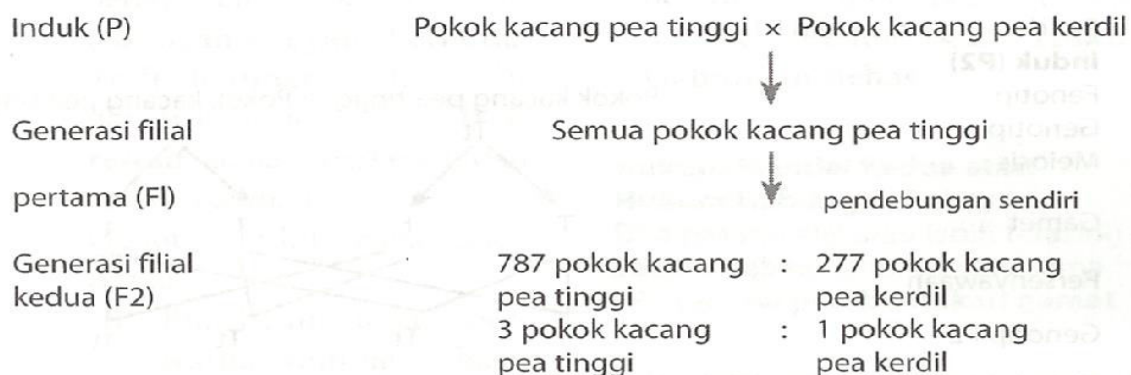
Baka tulen

- 1 Baka tulen suatu organisma merujuk kepada populasi organisma yang mempunyai trait tertentu yang tidak berubah selama beberapa generasi.
- 2 Organisma baka tulen mungkin **homozigot dominan** (TT) atau **homozigot resesif** (tt).

Pewarisan Monohibrid: Hukum Medel Pertama

SPM 2004 P2/Sec CIQ3(a) SPM 2005 P2/Sec CIQ8(a)

- 1 Gregor Mendel menggunakan **satu ciri** untuk mengkaji pewarisan dalam pokok kacang pea.
- 2 Beliau mengkaji ciri ketinggian pokok kacang pea.
- 3 Baka tulen pokok induk yang tinggi dan pokok induk yang kerdil dikacukkan secara buatan.
- 4 Kacukan genetik yang melibatkan satu ciri dikenali sebagai **pewarisan monohibrid**.
- 5 Keputusan eksperimen Gregor Mendel tentang pewarisan monohibrid ditunjukkan dalam Rajah 14.2.



Rajah 14.2 Eksperimen Gregor Mendel

- 6 Berdasarkan keputusan eksperimen, kesimpulan berikut telah dibuat:
 - (a) Setiap ciri ditentukan oleh dua alel.
 - (b) (i) Trait tinggi adalah dominan. Alel untuk tinggi diwakili oleh T.
 - (ii) Trait untuk kerdil ada-

lah resesif. Alel untuk kerdil diwakili oleh t.

- (c) Semasa pembentukan gamet, dua alel terpisah dan setiap gamet mempunyai satu alel saja.
- (d) Semasa persenyawaan gamet secara rawak, zigot mempunyai kedua-dua alel yang menentukan ciri anak.

7 Daripada keputusan pewarisan monohibrid, Gregor Mendel merumuskan Hukum Mendel Pertama atau **Hukum Segregasi Mendel**.

Hukum Mendel Pertama atau Hukum Segregasi

Ciri suatu organisma ditentukan oleh sepasang **alel**. Dalam **pembentukan gamet**, pasangan alel tersebut **terasing** semasa meiosis I dan **hanya satu** daripada setiap pasang alel hadir dalam **satu gamet**.

8 Rajah 14.3 menunjukkan rajah genetik bagi perwarisan monohibrid untuk ketinggian pokok pea dan penerangannya.

Induk (P1)

Fenotip

Genotip (Baka tulen)

Meiosis

Gamet

Persenyawaan

Genotip F1

Fenotip F1

Pendebungaan sendiri F1

Induk (P2)

Fenotip

Genotip

Meiosis

Gamet

Persenyawaan

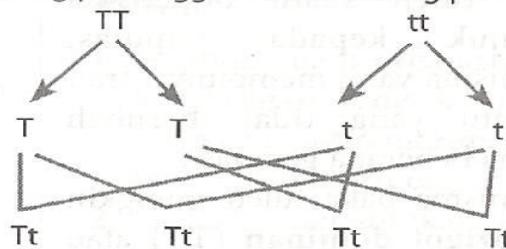
Genotip F2

Nisbah genotip

Fenotip F2

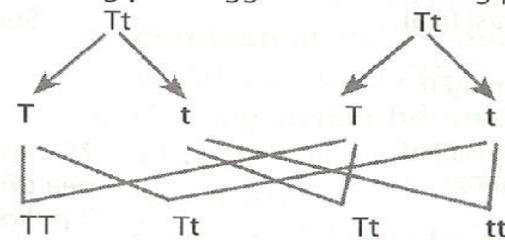
Nisbah fenotip

Pokok kacang pea tinggi × Pokok kacang pea kerdil



Semua pokok kacang pea tinggi

Pokok kacang pea tinggi × Pokok kacang pea tinggi



1 TT : 2 Tt : 1 tt

1 pokok kacang: 2 pokok kacang: 1 pokok kacang
pea tinggi pea tinggi pea kerdil

3 pokok kacang pea tinggi: 1 pokok kacang pea kerdil

Rajah 14.3 Kacukan genetik dalam pewarisan monohibrid

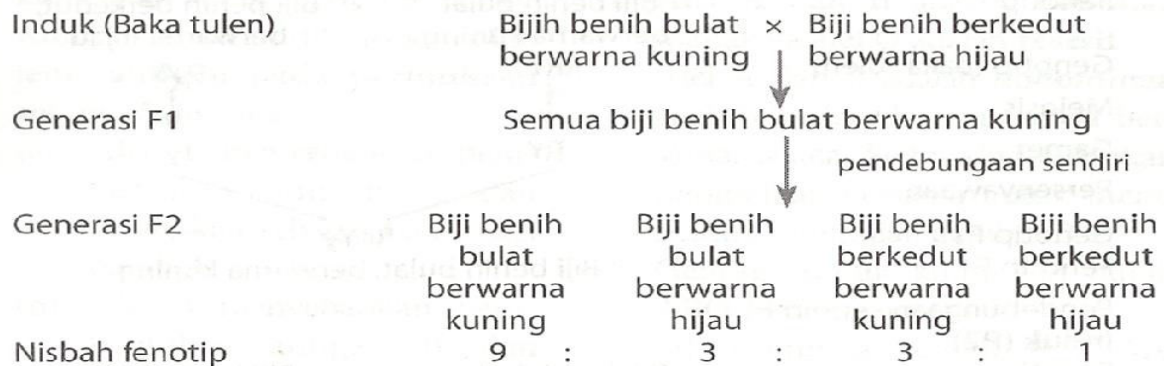
Pewarisan Dihibrid: Hukum Mendel Kedua

SPM 2005 P2/Sec C1Q8(b)

1 **Pewarisan dihibrid** adalah kacukan genetik yang melibatkan dua ciri yang berbeza.

2 Gregor Mendel mengacukkan baka tulen pokok kacang pea dengan biji benih bulat berwarna kuning dan biji benih berkedut berwarna hijau.

- 3 Rajah 14.4 menunjukkan ringkasan kacukan dihibrid yang dijalankan oleh Gregor Mendel.



Rajah 14.4 Kacukan dihibrid Gregor Mendel

- 4 Kesimpulan daripada kacukan dihibrid:

- Ciri yang dikaji adalah **ben-tuk** dan **warna** biji benih. Setiap ciri dikawal oleh **pasangan alel yang berbeza**.
- Trait dominan** adalah bulat dan berwarna kuning. **Trait resesif** adalah berkedut dan berwarna hijau.
- Genotip induk baka tulen adalah:
 - Biji benih bulat, berwarna kuning adalah RRYy. Gamet yang terbentuk adalah RY.
 - Biji benih berkedut, berwarna hijau adalah rryy. Gamet yang terbentuk adalah ry.
- Genotip generasi F1 adalah RrYy. Empat jenis gamet dihasilkan: RY, Ry, rY, ry kerana alel daripada setiap pasang berpisah secara berasingan.

- Nisbah fenotip generasi F2 adalah 9:3:3:1.

- 5 Berdasarkan eksperimen Mendel tentang pewarisan dihibrid, beliau menghasilkan Hukum Mendel Kedua atau **Hukum Gabungan Bebas**.

Hukum Mendel Kedua atau Hukum Gabungan Bebas

Dua pasang alel atau lebih terasing **secara bebas** daripada satu sama lain semasa **pembentukan gamet**.

- 6 Ini bermakna alel bagi setiap ciri terasing secara bebas daripada satu sama lain semasa pembentukan gamet dengan **kombinasi alel yang berbeza**. Setiap gamet mempunyai satu alel untuk setiap ciri. Contohnya, dalam genotip RrYy, terdapat empat kemungkinan kombinasi alel dalam gamet:



Stop first attempt

7 Rajah 14.5 menunjukkan rajah genetik untuk pewarisan dihibrid.

Induk (P1)

Fenotip

Genotip (baka tulen)

Meiosis

Gamet

Persenyawaan

Genotip F1

Fenotip F1

Pendebungaan sendiri F1

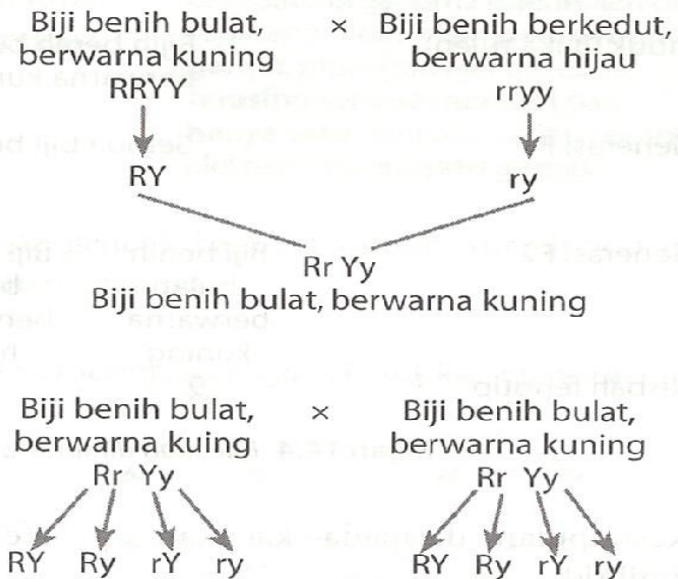
Induk (P2)

Fenotip

Genotip

Meiosis

Gamet



Rajah 14.5 Rajah genetik untuk pewarisan dihibrid

8. Persenyawaan rawak:

Gamet	RY	Ry	rY	ry
RY	RRYY Bulat, kuning	RRYy Bulat, kuning	RrYY Bulat, kuning	RrYy Bulat, kuning
Ry	RRYy Bulat, kuning	RRyy Bulat, hijau	RrYy Bulat, kuning	Rryy Bulat, hijau
rY	RrYY Bulat, kuning	RrYy Bulat, kuning	rrYY Berkedut, kuning	rrYy Berkedut, kuning
ry	RrYy Bulat, kuning	Rryy Bulat, hijau	rrYy Berkedut, kuning	rryy Berkedut, hijau

9 Dalam generasi F2:

(a) Nisbah genotip (9 genotip):

1 RRYY : 2 RRYy : 2 RrYY :

4 RrYy : 1 RRyy : 2 Rryy :

1 rrYY : 2 rrYy : 1 rryy

(b) Nisbah fenotip (4 fenotip):

Biji benih bulat, berwarna kuning	Biji benih bulat, berwarna hijau	Biji benih berkedut, berwarna kuning	Biji benih berkedut, berwarna hijau
9	3	3	1

14.2

PEWARISAN

SPM 2004 P2/Sec C/Q4(a)

Pewarisan Kumpulan Darah ABO Manusia

1 Kumpulan darah manusia dikawal oleh tiga alel: alel A, alel B dan alel O.

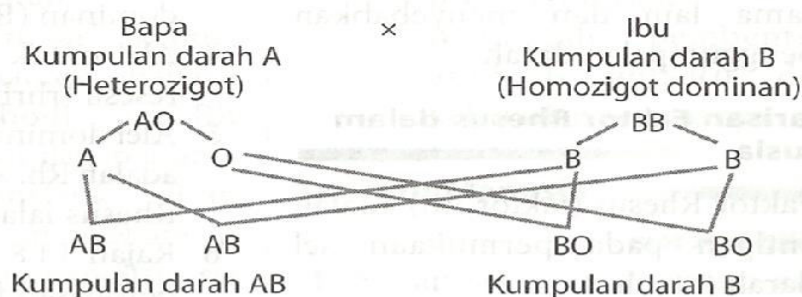
- 2 Kumpulan darah manusia dikelaskan kepada empat fenotip: kumpulan darah A, B, AB dan O.
- 3 Kumpulan darah ditentukan oleh jenis **antigen pada permukaan sel darah merah**.
 - (a) Alel A menyebabkan pembentukan antigen A dan dikelaskan sebagai kumpulan darah A
 - (b) Alel B menyebabkan pembentukan antigen B dan dikelaskan sebagai kumpulan darah B
 - (c) Alel O menyebabkan tiada sebarang antigen dibentuk dan dikelaskan sebagai kumpulan darah O
- 4 Kumpulan darah AB mempunyai antigen A dan antigen B.

- 5 Pewarisan kumpulan darah ditentukan oleh sepasang alel.
- 6 Alel A dan B adalah **dominan** manakala alel O adalah **resesif**.
- 7 Alel A dan B adalah **kodominan** apabila kedua-duanya wujud bersama. Maka, kedua-dua alel akan ditonjolkan bersama untuk membentuk kumpulan darah AB.
- 8 Genotip untuk kumpulan darah ABO manusia adalah:
 - (a) Kumpulan darah A – AA, AO
 - (b) Kumpulan darah B – BB, BO
 - (c) Kumpulan darah AB – AB
 - (d) Kumpulan darah O – OO
- 9 Rajah 14.6 dan 14.7 menunjukkan kacukan genetik antara ibu bapa yang berlainan kumpulan darah.

Induk
Fenotip

Genotip
Gamet

Anak
Genotip
Fenotip

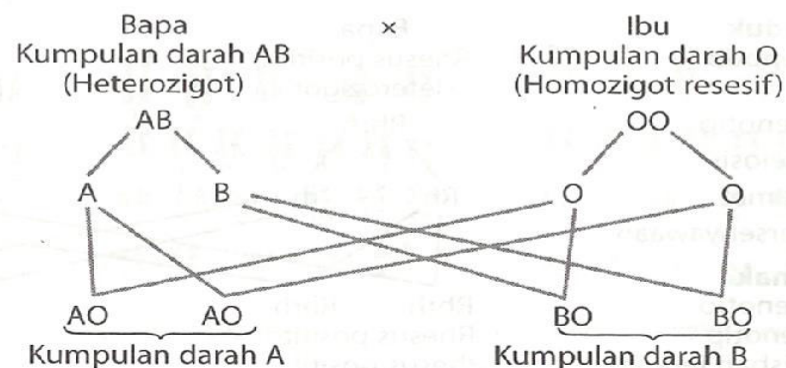


Rajah 14.6 Kacukan genetik antara kumpulan darah A dengan kumpulan darah B

Induk
Fenotip

Genotip
Meiosis
Gamet
Persenyawaan

Anak
Genotip
Fenotip



Rajah 14.7 Kacukan genetik antara kumpulan darah AB dengan kumpulan darah O

10 Jadual 14.2 menunjukkan fenotip dan genotip kumpulan darah dan ciri setiap kumpulan darah.

Jadual 14.2 Kumpulan darah ABO dan cirinya

Genotip	Kumpulan darah	Antigen pada sel darah merah	Antibodi dalam plasma	Boleh menerima dari-pada kumpulan darah	Boleh menderma ke-pada kumpulan darah
AA AO	A	Antigen A	Anti-B	A, O	A, AB
BB BO	B	Antigen B	Anti-A	B, O	B, AB
AB (Penerima universal)	AB	Antigen A Antigen B	Tiada	A, B, AB, O	AB
O (Penderma universal)	OO	Tiada	Anti-A Anti-B	O	A, B, AB, O

11 Antigen dan antibodi tidak boleh hadir bersama dalam darah yang sama. Antibodi dan antigen yang sama bertindak balas antara satu sama lain dan menyebabkan penggumpalan darah.

Pewarisan Faktor Rhesus dalam Manusia

- 1 Faktor Rhesus (faktor Rh) adalah antigen pada permukaan sel darah merah.
- 2 Kehadiran faktor Rh menunjukkan darah tersebut adalah

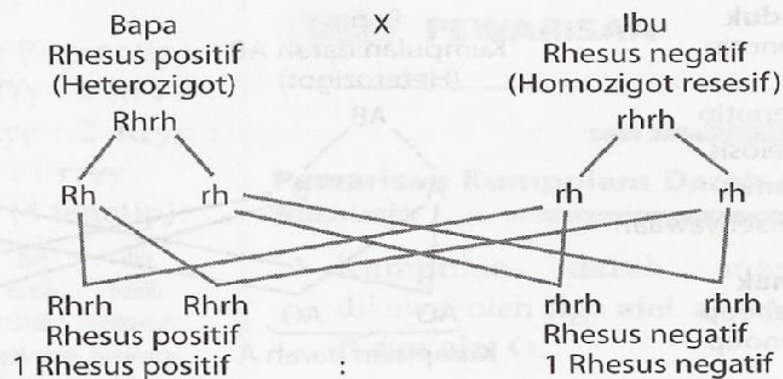
Rhesus positif (Rh+). Ketiadaan faktor Rh menunjukkan darah adalah **Rhesus negatif (Rh-).**

- 3 Alel untuk Rhesus positif adalah dominan (RhRh, Rhrh).
- 4 Alel untuk Rhesus negatif adalah resesif (rhrh).
- 5 Alel dominan untuk faktor Rhesus adalah Rh. Alel resesif untuk faktor Rhesus ialah rh.
- 6 Rajah 14.8 menunjukkan contoh pewarisan faktor Rh.

Induk
Fenotip

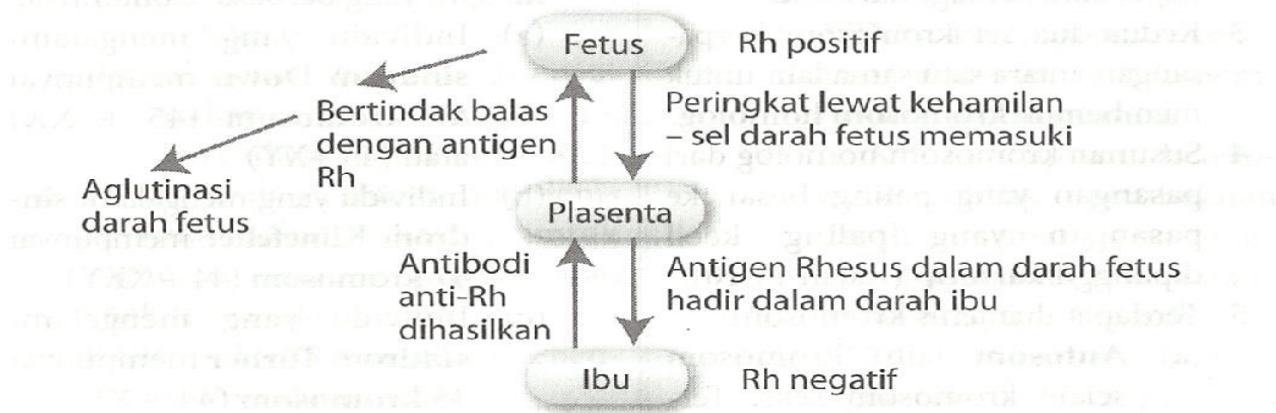
Genotip
Meiosis
Gamet
Persenyawaan

Anak
Genotip
Fenotip
Nisbah fenotip



Rajah 14.8 Pewarisan faktor Rhesus

- 7 Faktor Rh hanya akan mengakibatkan komplikasi semasa hamil jika **darah ibu adalah Rhesus negatif** sementara **darah fetus adalah Rhesus positif**.



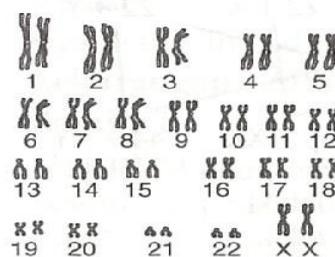
Rajah 14.9 Kesan bahaya faktor Rhesus semasa kehamilan seterusnya

- Semasa kehamilan pertama, fetus tidak menghadapi bahaya kerana antibodi dihasilkan tidak cukup pantas untuk memasuki darah fetus sebelum kelahiran.
- Dalam kehamilan kedua, fetus menghadapi bahaya kerana antibodi anti-Rh daripada kehamilan pertama mungkin memasuki aliran darah fetus, menyebabkan aglutinasi dan hemolisis sel darah merah fetus (Rajah 14.9). Keadaan ini dinamakan **eritroblastosis fetalis**.
- Masalah ini boleh dielakkan dengan memberikan suntikan globulin anti-Rhesus selepas anak pertama dilahirkan. Langkah ini boleh memusnahkan dan mencegah pembentukan antibodi anti-Rh dalam kehamilan seterusnya.

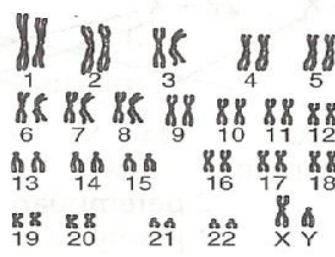
Kariotip Manusia

SPM 2003 P2/Sec B/Q5

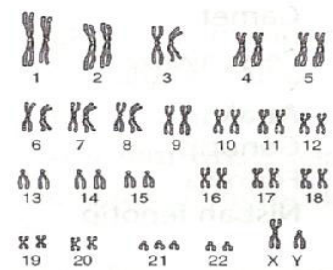
- Setiap sel soma manusia adalah **sel diploid** yang mempunyai **46 kromosom** ($2n = 46$).



(a) Kariotip perempuan



(b) Kariotip lelaki



(c) Kariotip pesakit sindrom Down lelaki

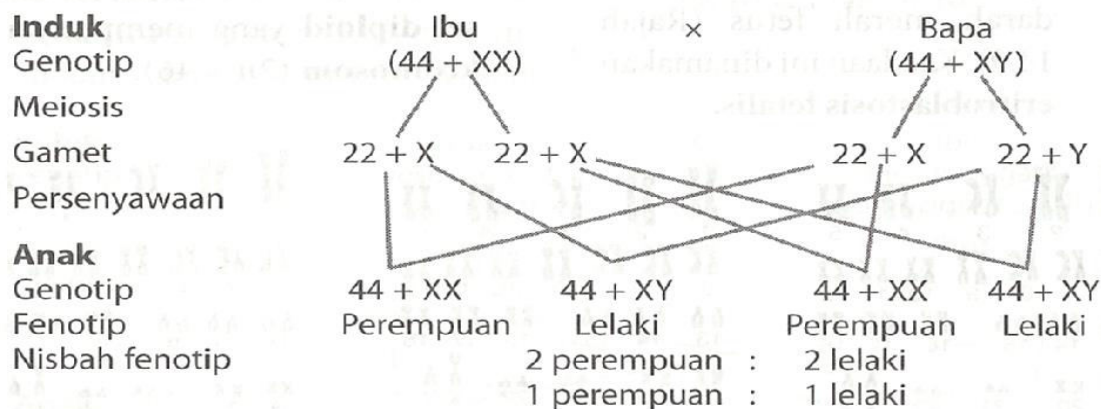
Rajah 14.10 Kariotip manusia

- 2 Setiap **sel diploid** mempunyai **dua set kromosom**. Satu set dari bapa, satu set lagi dari ibu.
- 3 Kedua-dua set kromosom berpasangan antara satu sama lain untuk membentuk **kromosom homolog**.
- 4 Susunan kromosom homolog dari pasangan yang paling besar ke pasangan yang paling kecil dipanggil **kariotip** (Rajah 14.10).
- 5 Terdapat dua jenis kromosom:
 - (a) **Autosom** iaitu kromosom selain kromosom seks. Terdapat 22 pasang autosom.
 - (b) **Kromosom seks** merupakan kromosom yang menentukan jantina suatu organisma. Terdapat dua jenis kromosom seks:
 - (i) Kromosom X
 - (ii) Kromosom Y
- 6 Sel badan perempuan mempunyai 22 pasang autosom dan **sepasang kromosom X** ($44 + XX$).
- 7 Sel badan lelaki mempunyai 22 pasang autosom, **satu kromosom X** dan **satu kromosom Y** ($44 + XY$).

- 8 Individu yang mengalami penyakit genetik mempunyai bilangan kromosom yang berbeza. Contohnya:
 - (a) Individu yang mengalami **sindrom Down** mempunyai **47 kromosom** ($45 + XX$) atau ($45 + XY$)
 - (b) Individu yang mengalami **sindrom Klinefelter** mempunyai **47 kromosom** ($44 + XXY$)
 - (c) Individu yang mengalami **sindrom Turner** mempunyai **45 kromosom** ($44 + X$)

Penentuan Jantina Anak

- 1 Jantina ditentukan oleh kromosom seks.
- 2 Genotip seorang lelaki adalah ($44 + XY$).
- 3 Terdapat **dua jenis sperma** yang dihasilkan: ($22 + X$) dan ($22 + Y$)
- 4 Genotip seorang perempuan adalah ($44 + XX$). Hanya **satu jenis ovum** yang dihasilkan iaitu ($22 + X$).
- 5 **Jantina anak ditentukan oleh jenis sperma** yang bersenyawa dengan ovum.



Rajah 14.11 Penentuan jantina dalam manusia

- (a) Jika ovum ($22 + X$) disenyawakan oleh sperma ($22 + X$), bayi adalah perempuan ($44 + XX$)
- (b) Jika ovum ($22 + X$) disenyawakan oleh sperma ($22 + Y$), bayi adalah lelaki ($44 + XY$)
- 6 Oleh sebab terdapat dua jenis sperma, kebarangkalian untuk mendapat anak perempuan atau anak lelaki adalah 50%.
- 7 Rajah 14.11 menunjukkan penentuan jantina dalam manusia.

Pewarisan Terangkai Seks dalam Manusia

- 1 Ciri yang dikawal oleh gen dalam kromosom seks, terutamanya kromosom X dipanggil **ciri terangkai seks**.
- 2 Penyakit yang disebabkan oleh gen pada kromosom X dipanggil **penyakit terangkai seks**. Contoh penyakit terangkai seks adalah **hemofilia** dan **buta warna**.

Hemofilia

SPM 2004 P2/Sec C/Q4(b)

- 1 Hemofilia adalah penyakit keturunan terangkai seks, iaitu darah membeku dengan sangat perlahan apabila berlaku kecederaan.
- 2 Keadaan ini disebabkan oleh **kekurangan faktor pembeku darah**.
- 3 Hemofilia disebabkan oleh **alel resesif** (h) pada kromosom X. Alel untuk hemofilia ditulis sebagai X^h .
- 4 Alel untuk pembekuan darah yang normal adalah dominan dan ditulis sebagai X^H .

5 Genotip untuk ciri pembekuan darah normal dalam perempuan adalah:

- (a) $X^H X^H$: Perempuan, homozigot dominan untuk **pembekuan darah normal**.
- (b) $X^H X^h$: Perempuan, heterozigot untuk pembekuan darah normal. Dia juga merupakan **pembawa** kerana terdapat satu alel resesif.
- (c) $X^h X^h$: Perempuan, homozigot resesif. Perempuan ini mengalami **hemofilia**.

6 Genotip untuk pembekuan darah dalam lelaki adalah:

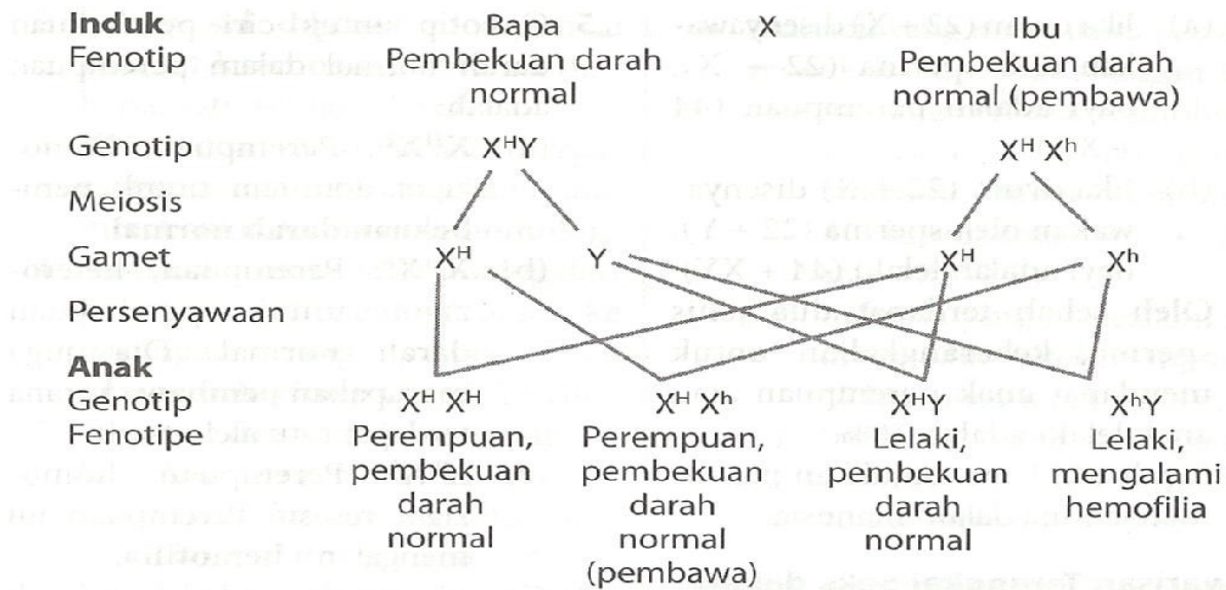
- (a) $X^H Y$: Lelaki, **pembekuan darah normal**
- (b) $X^h Y$: Lelaki mengalami **hemofilia**

7 Lelaki hanya memerlukan satu alel resesif untuk mengalami hemofilia. Kromosom Y tidak mempunyai alel untuk pembekuan darah. Oleh itu, kebarangkalian untuk lelaki mengalami hemofilia adalah tinggi (50%). Maka, lebih ramai lelaki mengalami hemofilia berbanding perempuan.

8 Rajah 14.12 menunjukkan pewarisan hemofilia dalam manusia.

9 (a) Kebarangkalian mendapat anak lelaki yang mempunyai pembekuan darah normal adalah 50% dan anak lelaki yang mengalami hemofilia juga 50%.

(b) Kebarangkalian mendapat anak perempuan yang mempunyai pembekuan darah normal adalah 100%.



Rajah 14.12 Pewarisan hemofilia dalam manusia

Buta warna

SPM 2003 P2/Sec B/Q5

- Buta warna dikawal oleh sepasang **alel terangkai seks** dalam kromosom X.
- Penglihatan warna normal** adalah trait **dominan** dan dikawal oleh alel dominan yang ditulis sebagai X^B .
- Buta warna adalah **trait resesif**. Ia dikawal oleh alel resesif dalam kromosom X yang ditulis sebagai X^b .
- Genotip untuk penglihatan warna dalam perempuan adalah:
 - $X^B X^B$: Perempuan, homozigot dominan untuk **penglihatan warna normal**
 - $X^B X^b$: Perempuan, heterozigot untuk penglihatan warna normal tetapi dia merupakan **pembawa**
 - $X^b X^b$: Perempuan, homozigot resesif untuk buta warna. Perempuan tersebut mengalami **buta warna**
- Genotip untuk penglihatan warna dalam lelaki ialah:
 - $X^B Y$: Lelaki, **penglihatan warna normal**
 - $X^b Y$: Lelaki, **buta warna**
- Buta warna lebih kerap berlaku kepada lelaki berbanding perempuan kerana hanya satu alel resesif diperlukan untuk menonjolkan trait tersebut dalam lelaki.
- Rajah 14.13 menunjukkan pewarisan buta warna dalam manusia.

Induk
Fenotip

Genotip

Meiosis

Gamet

Persenyawaan

Anak

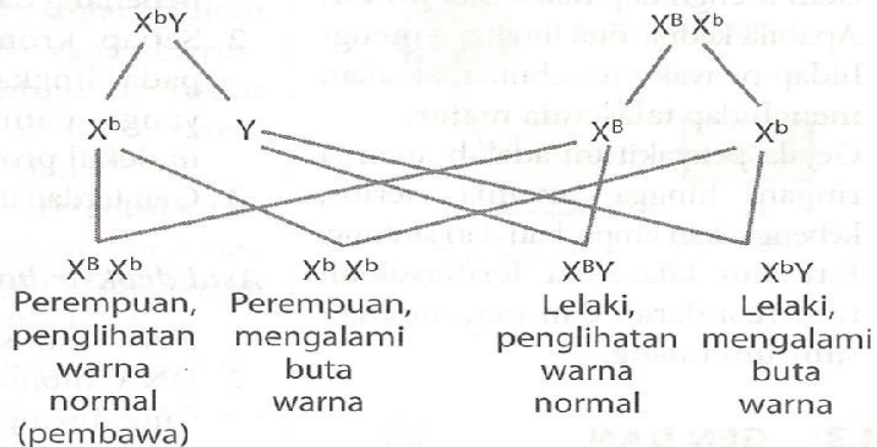
Genotip

Fenotip

Bapa
Buta warna

X

Ibu
Penglihatan warna
normal (pembawa)



Rajah 14.13 Pewarisan buta warna dalam manusia

Penyakit Keturunan

- 1 Penyakit keturunan adalah penyakit genetik yang boleh diwarisi daripada induk.
- 2 Penyakit keturunan boleh disebabkan oleh **gen rosak** yang terangkai kepada kromosom X atau terletak di autosom.
- 3 Contoh penyakit keturunan adalah:
 - (a) Albinisme
 - (b) Anemia sel sabit
 - (c) Talasemia

Albinisme

- 1 Albinisme disebabkan oleh satu **alel rosak** yang terlibat dalam **sintesis pigmen melanin**.
- 2 Gen untuk sintesis pigmen melanin terletak pada **autosom** yang mengalami mutasi.
- 3 Sel pada kulit, rambut dan iris tidak berupaya mensintesis melanin. Oleh itu, tiada pigmen melanin dalam sel-sel ini.

- 4 Abinisme disebabkan **alel resesif** untuk pigmentasi normal.

Anemia sel sabit

- 1 Anemia sel sabit disebabkan oleh **alel rosak** untuk **sintesis hemoglobin**.
- 2 Penyakit keturunan ini disebabkan oleh **alel resesif** dalam **autosom**.
- 3 Sel darah merah yang terbentuk mempunyai hemoglobin rosak yang menyebabkan sel darah merah berbentuk sabit. Maka, oksigen yang diangkut adalah kurang, lalu mengakibatkan anemia.

Talasemia

- 1 Talasemia adalah **gangguan darah** yang mengganggu **penghasilan hemoglobin** dalam sel darah merah.
- 2 Penyakit ini disebabkan oleh **alel resesif** yang menghasilkan **hemoglobin abnormal**.

- 3 Apabila salah seorang daripada ibu bapa menghidap talasemia, anak akan menghidap **talasemia minor**. Apabila kedua-dua ibu bapa menghidap penyakit tersebut, anak akan menghidap **talasemia major**.
- 4 Gejala penyakit ini adalah anemia ringan hingga anemia serius, kebengkakan limpa, hati dan jantung.
- 5 Rawatan talasemia termasuklah transfusi darah dan pemindahan sumsum tulang.

14.3

GEN DAN KROMOSOM

Gen

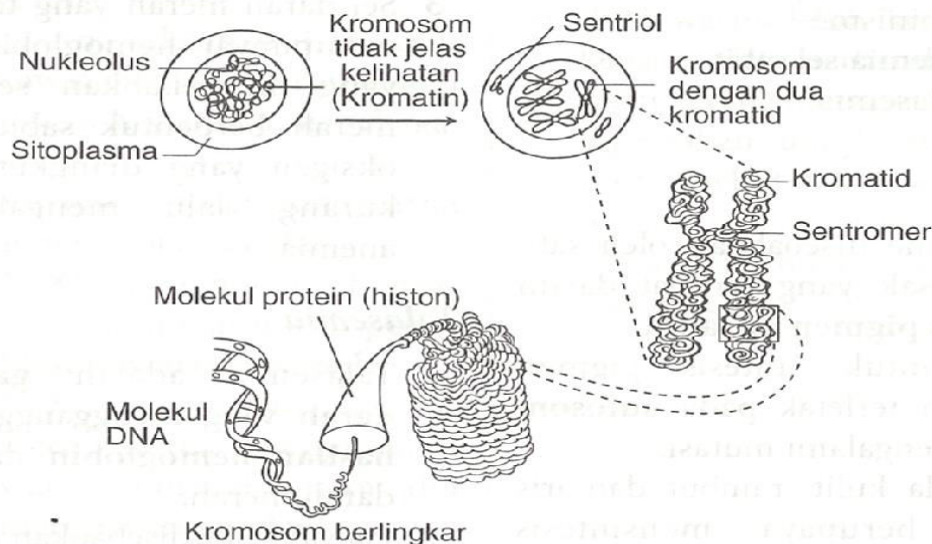
- 1 Gen adalah unit asas pewarisan.
- 2 Gen mengandungi maklumat genetik yang menentukan ciri tertentu dalam suatu organisma.
- 3 Gen terletak di satu kedudukan khusus dalam kromosom dan wujud dalam bentuk yang berbeza dipanggil **alel**.

Kromosom

- 1 Kromosom adalah struktur seperti bebenang dalam nukleus sel.
- 2 Setiap kromosom dibina daripada lingkaran **molekul DNA** yang panjang di sekeliling molekul protein (Rajah 14.14).
- 3 Gen terdapat dalam molekul DNA.

Asid deoksiribonukleik (DNA)

- 1 DNA ialah sejenis **asid nukleik**.
- 2 DNA dibina daripada unit asas yang dipanggil **nukleotida**.
- 3 Satu nukleotida dibina daripada tiga komponen (Rajah 14.15).
 - (a) **Gula deoksiribosa**
 - (b) **Bes bernitrogen**
 - (c) **Kumpulan fosfat**
- 4 Terdapat empat jenis bes bernitrogen:
 - (a) Adenina (A)
 - (b) Timina (T)
 - (c) Sitosina (C)
 - (d) Guanina (G)



Rajah 14.14 Struktur kromosom yang terdiri daripada molekul DNA berlingkar di sekeliling molekul protein

5 Maka, terdapat empat jenis nukleotida. Satu bes bernitrogen terdapat dalam satu nukleotida.

6 **Setiap nukleotida digabungkan** dengan nukleotida yang seterusnya melalui **kumpulan fosfat** untuk membentuk satu rantai polinukleotida (Rajah 14.16).

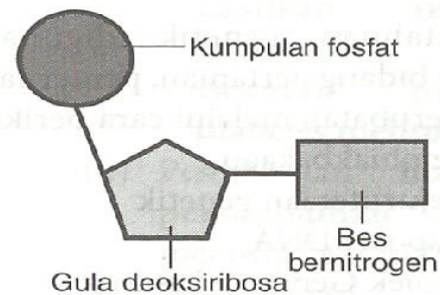
7 **Dua rantai polinukleotida** tersebut **dihubungkan** bersama pada **bes bernitrogen** oleh ikatan hidrogen dan berlingkar bersama untuk membentuk struktur **heliks ganda dua** DNA (Rajah 14.17).

8 Bes timina hanya boleh dihubungkan dengan adenina. Bes sitosina hanya boleh dihubungkan dengan guanina.

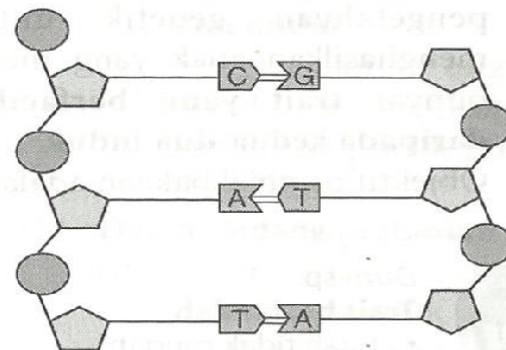
9 **Urutan bes bernitrogen** dalam DNA dipanggil **gen**.

10 Gen membawa maklumat genetik dalam bentuk kod genetik untuk **mensintesis protein** seperti **enzim**

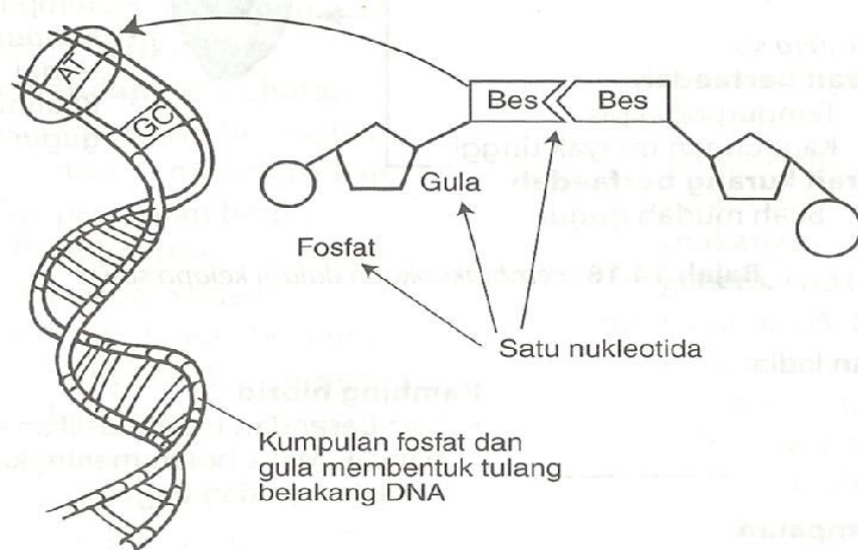
dan **protein struktur** bagi menentukan ciri suatu organisma.



Rajah 14.15 Struktur nukleotida



Rajah 14.16 Dua rantai polinukleotida



Rajah 14.17 Struktur heliks ganda dua DNA

Aplikasi Pengetahuan Genetik dalam Kehidupan Manusia Sejagat

Pengetahuan genetik digunakan dalam bidang pertanian, penternakan dan perubatan melalui cara berikut:

- Pembiakbakaan
- Kejuruteraan genetik
- Cap jari DNA
- Projek Genom Manusia

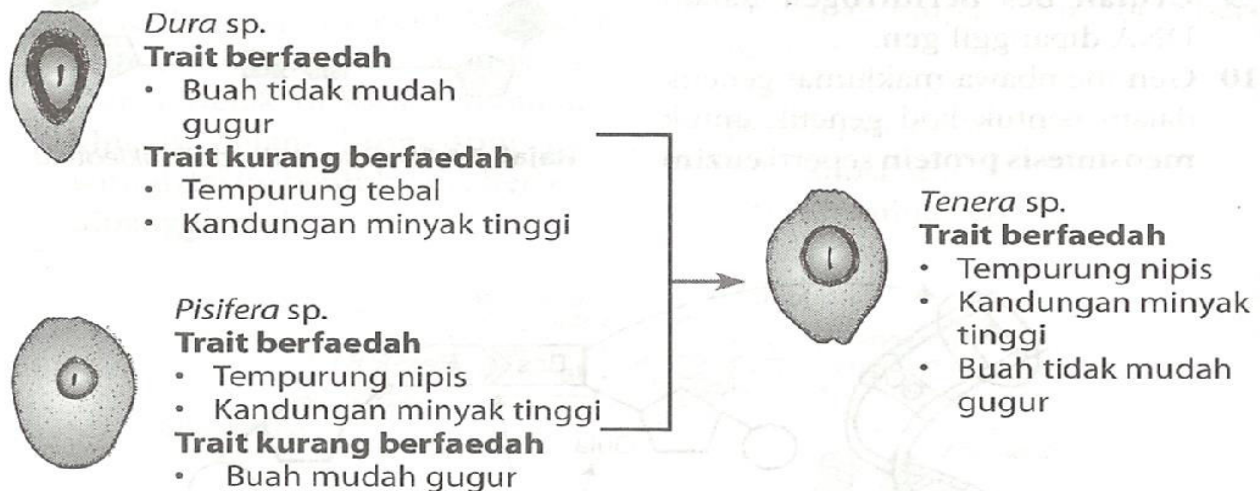
Pembiakbakaan

- Pembiakbakaan menggunakan pengetahuan genetik untuk menghasilkan anak yang mempunyai **trait yang berfaedah daripada kedua-dua induk**.
- Objektif pembiakbakaan adalah:

- Untuk menambahkan kuantiti produk
- Untuk memperbaiki kualiti produk
- Untuk menguatkan rintangan terhadap penyakit dan perosak
- Untuk menyesuaikan diri kepada persekitaran

3 Pembiakbakaan digunakan dalam bidang pertanian untuk menghasilkan kelapa sawit *Tenera* sp. (Rajah 14.18).

4 Pembiakbakaan digunakan dalam penternakan antara kambing dari India (Jumnapari) dengan kambing tempatan bagi menghasilkan kambing hibrid yang besar dan menghasilkan susu yang banyak (Rajah 14.19).



Rajah 14.18 Pembiakbakaan dalam kelapa sawit

Jumnapari

(kambing dari India)

- Saiz besar

×

Kambing tempatan

- Menghasilkan banyak susu

Kambing hibrid

- Saiz besar dan menghasilkan susu yang banyak. Maka boleh meningkatkan jumlah susu dan daging.

Rajah 14.19 Pembiakbakaan dalam kambing

Kejuruteraan genetik

SPM 2005 P2/Sec. CfQB(c)

- 1 Kejuruteraan genetik juga dikenali sebagai **teknologi rekombinan DNA**. Teknik ini melibatkan pemanipulasian gen untuk **mengubah kandungan genetik** suatu organisma.
- 2 Trait asal suatu organisma boleh diubah dengan memasukkan gen daripada DNA organisma yang diinginkan ke dalam DNA organisma yang lain. DNA yang terubah suai dikenali sebagai **rekombinan DNA**.
- 3 Organisma dengan DNA rekombinan dikenali sebagai **organisma yang diubah suai secara genetik (GMO)**.
- 4 Teknik untuk mengubah atau mengganti gen rosak dipanggil **terapi gen**. Teknik ini melibatkan penggantian gen rosak yang menyebabkan gangguan genetik ke atas gen yang normal.
- 5 Kejuruteraan genetik digunakan dalam bidang berikut:
 - (a) **Dalam bidang perubatan**
Kejuruteraan genetik digunakan untuk menghasilkan produk perubatan berikut:
 - (i) **Penghasilan insulin** daripada bakteria
 - Gen yang bertanggungjawab **menghasilkan insulin**, diasingkan dari sel Langerhan di dalam pankreas, kemudian dimasukkan ke dalam DNA bakteria *E. coli*.

- Bakteria tersebut dikultur bagi menghasilkan **insulin manusia** untuk **rawatan pesakit diabetes melitus**
- (ii) Penghasilan **hormon pertumbuhan** untuk merawat **kekerdilan**
 - (iii) Penghasilan **vaksin** untuk **hepatitis B**
 - (iv) Penghasilan **vaksin** untuk **penyakit kaki dan mulut**
 - (v) Penghasilan **enzim** untuk menggantikan enzim yang tidak boleh dihasilkan
- (b) **Dalam bidang pertanian**
 - (i) Kejuruteraan genetik digunakan untuk penghasilan tanaman yang berkualiti tinggi, rintang kepada jangkitan dan racun perosak serta keadaan yang tidak sesuai.
 - (ii) Makanan yang berasal daripada organisma yang telah diubah suai secara genetik dipanggil **makanan terubahsuai genetik (GMF)**.
 - (iii) Contoh GMF adalah:
 - Tomato diubah suai secara genetik supaya buahnya tahan lama dan kulitnya tidak mudah berkedut
 - Kacang soya yang diubah suai secara genetik sangat rintang

terhadap herbisid

- Pokok jagung diubah suai secara genetik bagi memperbaiki kandungan nutrien dalam buahnya
- Tanaman lain adalah barli, padi, lobak merah, kubis bunga, tembakau dan epal

Cap jari DNA

- 1 Cap jari DNA adalah teknik yang melibatkan analisis DNA untuk mendedahkan corak segmen nukleotida tertentu yang tidak mengekod protein (dipanggil **pengulangan**).
- 2 **Corak** yang dibentuk adalah dalam satu siri jalur dipanggil **cap jari DNA**.
- 3 Kegunaan cap jari DNA adalah:
 - (a) Untuk mengenal pasti individu
 - (b) Untuk menentukan bapa kandung dalam pertikaian paterniti

(c) Untuk menyelesaikan kes jenayah dalam sains forensik

(d) Untuk mengenal pasti gangguan genetik atau penyakit keturunan

4 Langkah dalam melakukan cap jari DNA:

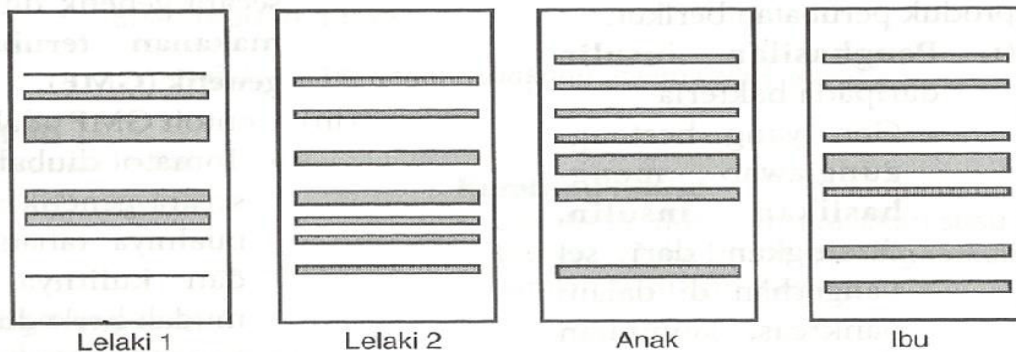
(a) Sampel DNA boleh diperolehi sama ada daripada darah, rambut, semen atau tisu badan lain.

(b) DNA dipotong menjadi fragmen pendek dengan enzim spesifik.

(c) Fragmen DNA diasingkan berdasarkan saiz.

(d) Pengulangan akan dilabel dengan **bahan radioaktif**. Imej yang dipaparkan merupakan satu siri jalur yang dipanggil **cap jari DNA**.

5 Rajah 14.20 menunjukkan contoh cap jari DNA yang digunakan dalam saman paterniti untuk mengenal pasti bapa seorang individu.



Rajah 14.20 Cap jari DNA daripada ibu, anak dan dua lelaki yang mungkin bapa kepada anak tersebut dalam saman paterniti

Projek genom manusia

- 1 **Genom** adalah set gen lengkap yang terdiri daripada bes nukleotida DNA dalam sel.
- 2 Projek genom manusia dibangunkan untuk:
 - (a) Menentukan urutan semua bes nukleotida dalam DNA genom manusia
 - (b) Memetakan lokasi tepat gen-gen dalam kromosom manusia
 - (c) Menghasilkan jaringan peta untuk menjejaki trait yang diwarisi seperti penyakit genetik
- 3 Projek ini membantu **menentukan corak DNA** seseorang manusia, **mengenali pasti gen yang menyebabkan penyakit** dan bagi **mencari rawatan untuk penyakit** tersebut.

Penyelidikan sel pangkal

- 1 **Sel pangkal** adalah sel yang boleh membahagi dan berkembang menjadi sel khusus yang mempunyai fungsi spesifik.
- 2 Penyelidikan sel pangkal melibatkan penggantian tisu atau organ yang rosak melalui **pemin-dahan sel pangkal**.
- 3 Terdapat dua jenis sel pangkal utama:
 - (a) **Sel pangkal embrio**
Sel pangkal ini terdapat dalam **jisim sel dalam embrio** pada peringkat blastosista atau dalam **tisu fetus**. Sel-sel ini boleh membeza untuk membentuk semua tisu dalam tubuh manusia.

(b) Sel pangkal dewasa

Sel pangkal ini terdapat dalam sumsum tulang, kornea, hati, kulit, pankreas dan lapisan saluran gastrousus.

- 4 Sel pangkal boleh membahagi tetapi secara tidak tentu berbanding sel pangkal embrio. Sel pangkal boleh dirangsang untuk membahagi dan mengkhusus menjadi jenis sel yang diperlukan.

Penyalahgunaan Pengetahuan Genetik kepada Manusia Sejangat

1 Kelebihan kejuruteraan genetik

- (a) Menghasilkan baka tanaman dan ternakan baharu yang rintang kepada patogen dan perosak
- (b) Menghasilkan tanaman yang rintang kepada herbisid
- (c) Menghasilkan makanan yang kaya dengan nutrien
- (d) Menghasilkan insulin dan vaksin untuk merawat penyakit.

2 Kekurangan kejuruteraan genetik

- (a) Kebimbangan tentang keselamatan dan kesan GMF terhadap kesihatan untuk pengambilan jangka panjang
- (b) Baka baru mungkin menyebabkan spesies asal pupus
- (c) Takungan gen asal mungkin susut
- (d) Gen baru yang diperkenalkan mungkin mempengaruhi fungsi gen

normal dan menyebabkan mutasi

3 Penyalahgunaan kejuruteraan genetik

Ia mungkin menyebabkan risiko seperti:

- (a) GMO mungkin membentuk mikroorganisma bahaya yang boleh memusnahkan tumbuhan, haiwan dan manusia
- (b) GMF kaya dengan protein mungkin menyebabkan **alahan** atau menjadi **toksik** kepada tubuh
- (c) Gen yang dipindahkan mungkin mengaktifkan gen tertentu manusia yang boleh menyebabkan **gangguan genetik**
- (d) Baka baharu mikroorganisma bahaya yang dihasilkan boleh digunakan sebagai **senjata biologi**

Isu Moral dan Etika dalam Aplikasi Pengetahuan Genetik

Isu yang dibangkitkan daripada aplikasi pengetahuan genetik termasuklah:

- 1 Dalam menghasilkan '*super species*', siapa yang harus bertanggungjawab untuk sebarang keputusan yang salah?
- 2 Patutkah pengklonan manusia dibenarkan?
- 3 Setakat manakah GMF selamat kepada tubuh dan kesannya ke atas ekosistem?
- 4 Dalam terapi gen, siapa yang harus diberi peluang dirawat untuk penyakit genetik?
- 5 Apakah jenis terapi gen atau penggantian gen yang digalakkan?
- 6 Siapa yang akan bertanggungjawab kerana menghasilkan mikroorganisma bahaya yang boleh digunakan sebagai senjata biologi?
- 7 Dalam penyelidikan sel pangkal, adakah memusnahkan embrio hidup untuk mencari rawatan penyakit genetik betul dari segi moral dan etika?
- 8 Siapa yang akan bertanggungjawab ke atas embrio yang dibekukan dalam penyelidikan sel pangkal?