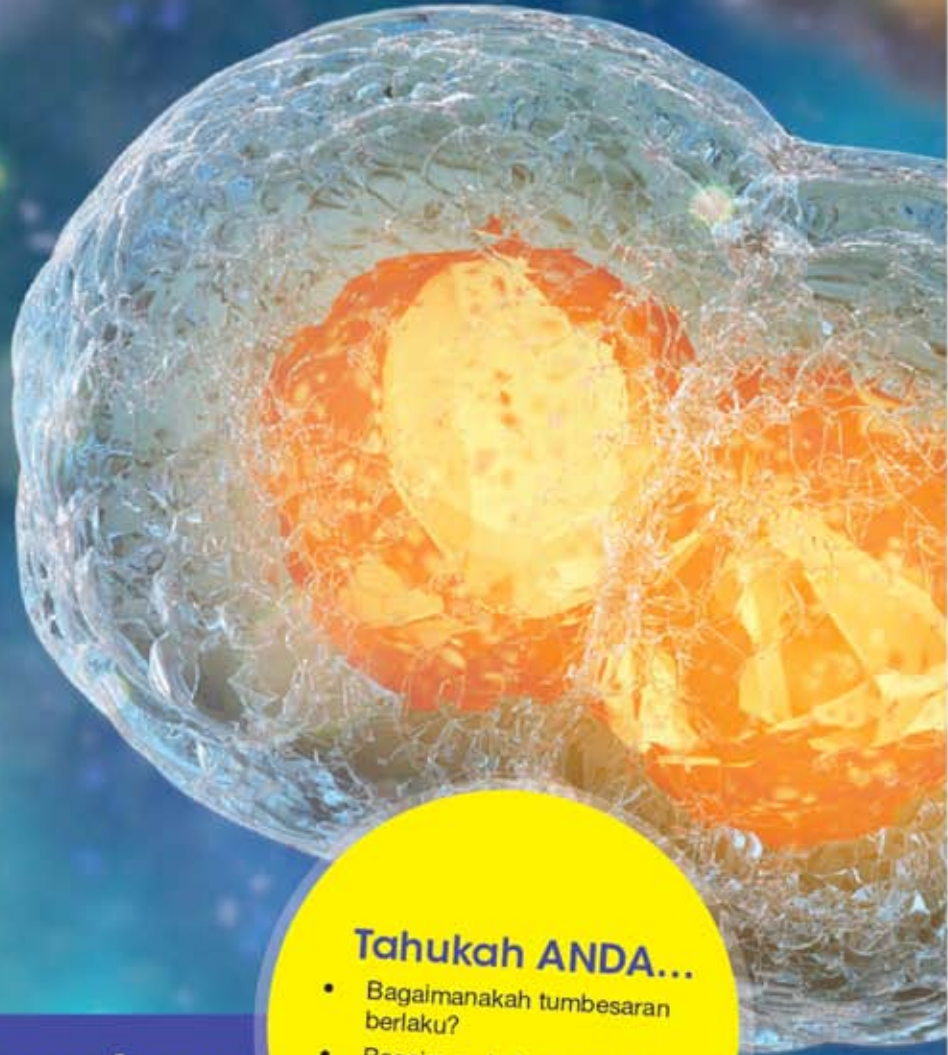


BAB

6

Pembahagian Sel



***Bolehkah organisma
seiras dihasilkan?***

Tahukah ANDA...

- Bagaimanakah tumbesaran berlaku?
- Bagaimanakah organisma menghasilkan sel baharu?
- Bagaimanakah variasi genetik dihasilkan?

6.1 Pembahagian Sel

- 6.1.1** Memerihalkan:
- kariokinesis (pembahagian nukleus)
 - sitokinesis (pembahagian sitoplasma)
- 6.1.2** Memerihalkan haploid, diploid, kromatin, kromosom homolog, kromosom paternal dan kromosom maternal.

6.2 Kitar Sel dan Mitosis

- 6.2.1** Memerihalkan fasa dalam kitar sel:
- Interfasa
 - fasa G_1
 - fasa S
 - fasa G_2
 - fasa M
 - mitosis
 - sitokinesis
- 6.2.2** Menyusun peringkat mitosis mengikut urutan.
- 6.2.3** Berkomunikasi tentang struktur sel dalam setiap peringkat mitosis dan sitokinesis melalui lukisan berlabel.
- 6.2.4** Membanding dan membezakan mitosis dan sitokinesis antara sel haiwan dengan sel tumbuhan.
- 6.2.5** Membincangkan keperluan mitosis dalam:
- perkembangan embrio
 - pertumbuhan organisma
 - penyembuhan luka pada kulit
 - penjanaan semula
 - pembiakan aseks

6.3 Meiosis

- 6.3.1** Menyatakan pengertian meiosis.
- 6.3.2** Mengenal pasti jenis sel yang menjalankan meiosis.
- 6.3.3** Menyatakan keperluan meiosis dalam:
- pembentukan gamet (gametogenesis)
 - menghasilkan variasi genetik
 - mengekalkan bilangan kromosom diploid dari generasi ke generasi
- 6.3.4** Menerangkan peringkat-peringkat dalam meiosis mengikut urutan yang betul:
- meiosis I • meiosis II
- 6.3.5** Melukis dan melabel struktur sel dalam setiap peringkat meiosis I, meiosis II dan sitokinesis.
- 6.3.6** Membanding dan membezakan antara meiosis dengan mitosis.

6.4 Isu Pembahagian Sel Terhadap Kesihatan Manusia

- 6.4.1** Menghuraikan kesan ketidaknormalan mitosis terhadap kesihatan manusia:
- tumor • kanser
- 6.3.2** Menilai kesan ketidaknormalan meiosis terhadap individu:
- sindrom Down



6.1 Pembahagian Sel

Sel dalam badan kita sentiasa tumbuh, membahagi dan mati. Oleh itu, sel yang mati mesti diganti dengan sel baharu. Sel badan menghasilkan sel yang baharu melalui proses pembahagian sel. Pembahagian sel melibatkan dua peringkat iaitu kariokinesis dan sitokinesis.

- **Kariokinesis** melibatkan pembahagian nukleus.
- **Sitokinesis** melibatkan pembahagian sitoplasma.

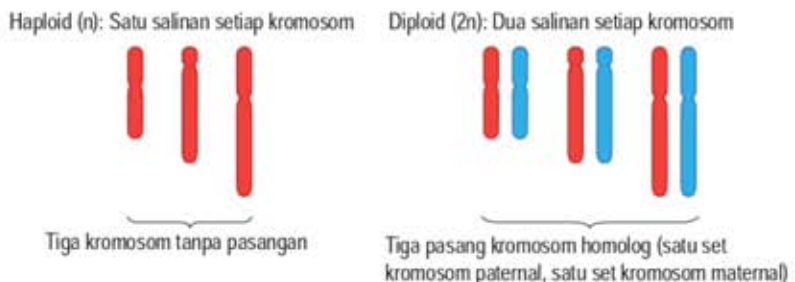
Sel badan organisma boleh dibahagi kepada **sel soma** dan **sel pembiakan** atau **gamet**.

Fikirkan!

Apakah yang akan berlaku sekiranya sel tidak dapat menjalani pembahagian sel?



Dalam sel diploid, satu set kromosom berasal daripada induk jantan atau **kromosom paternal** dan satu set lagi berasal daripada induk betina atau **kromosom maternal**. Kedua-dua kromosom paternal dan kromosom maternal mempunyai ciri struktur yang serupa. Pasangan kromosom ini disebut **kromosom homolog**. **Kromatin** ialah kromosom yang menyerupai bebenang halus yang panjang.



TMK 6.1
Kepentingan
pembahagian sel
(Dicapai pada 21
Ogos 2019)

Praktis Formatif 6.1

RAJAH 6.1 Kromosom haploid dan diploid

1 Berikan definisi bagi istilah berikut:

- | | |
|------------------|----------------------|
| (a) kariokinesis | (c) kromatin |
| (b) sitokinesis | (d) kromosom homolog |

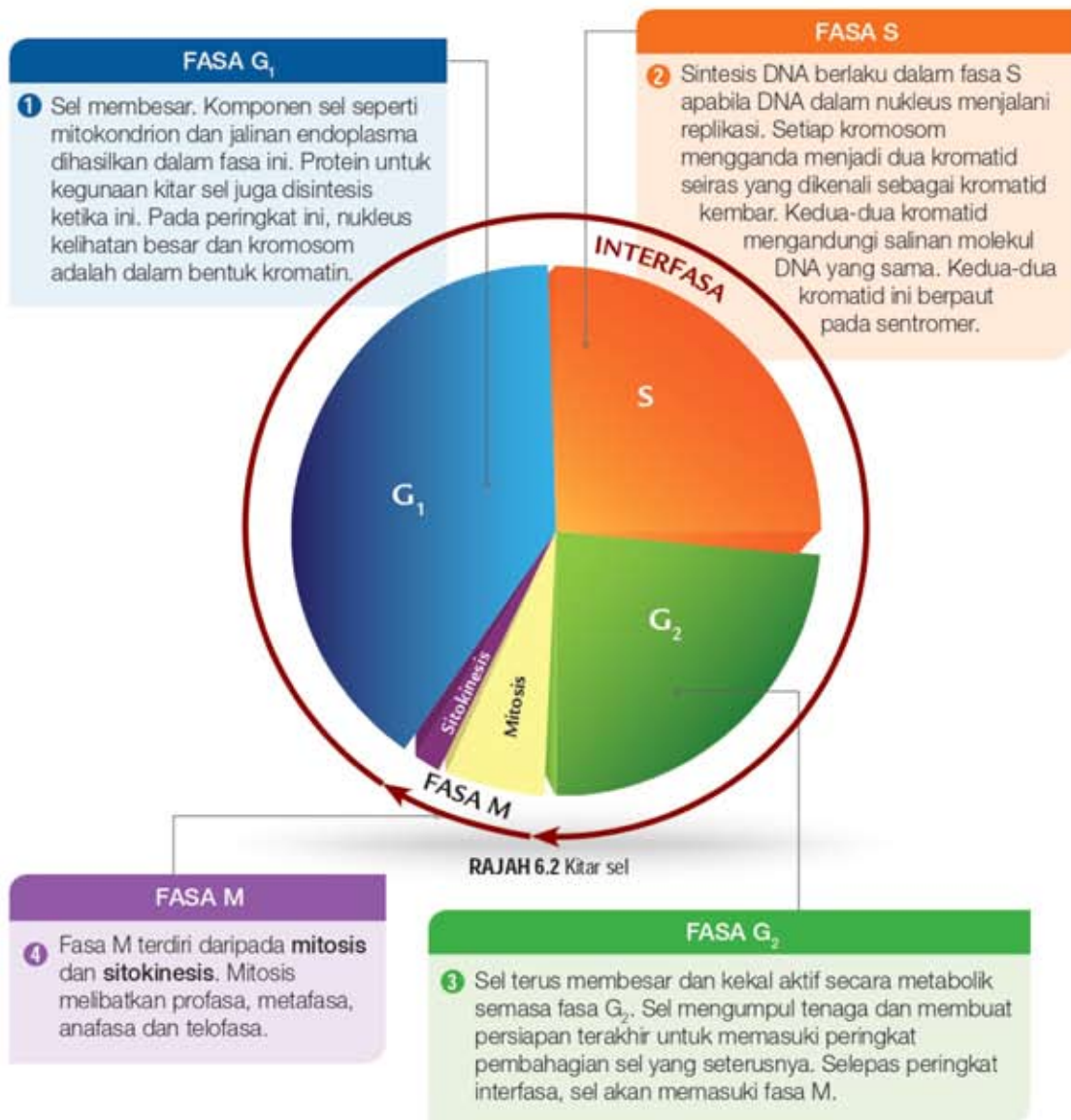
2 Ramalkan apa akan berlaku sekiranya sel dalam organ pembiakan manusia tidak dapat menghasilkan sel haploid.

6.2

Kitar Sel dan Mitosis

Apakah itu kitar sel?

Kitar sel merujuk kepada turutan kejadian yang melibatkan penggandaan DNA serta pembahagian sel untuk menghasilkan dua sel anak. Kitar sel terdiri daripada **interfasa** dan **fasa M**. **Interfasa** merupakan fasa yang paling panjang dalam kitar sel. Fasa ini terdiri daripada **fasa G₁**, **S** dan **G₂**.





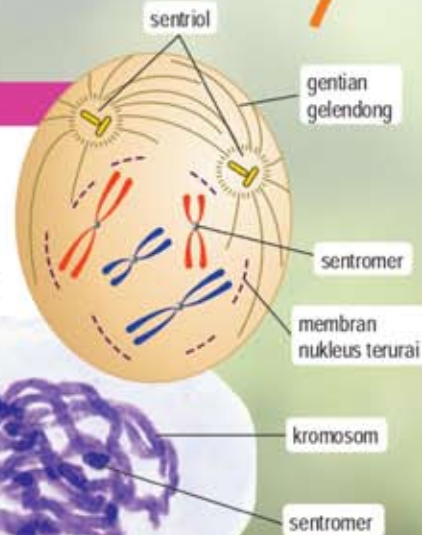
Kegagalan pembahagian mitosis dalam sel soma tidak akan diwarisi oleh generasi seterusnya.

Mitosis

Mitosis ditakrifkan sebagai proses pembahagian nukleus sel induk menjadi dua nukleus. Setiap nukleus mengandungi bilangan kromosom dan kandungan genetik yang sama dengan nukleus sel induk.

PROFASA

- Di dalam nukleus, kromatin mula memendek dan menebal bagi membentuk struktur kromosom yang dapat dilihat dengan mikroskop cahaya.
- Kromosom kelihatan terdiri daripada dua bebenang seiras yang disebut **kromatid kembar**.
- Kedua-dua kromatid kembar terikat di **sentromer**.
- Membran nukleus terurai, nukleolus menghilang, sentriol berpindah ke kutub bertentangan dan gentian gelendong mula terbentuk.



TMK 6.2

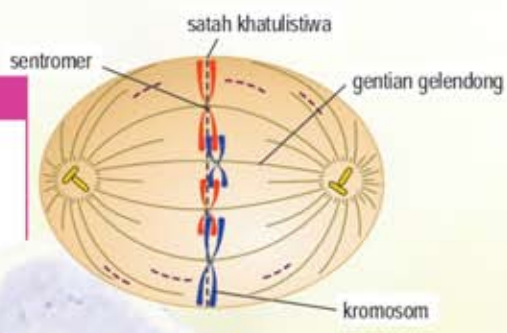
Aktiviti: Mereka bentuk model tiga dimensi peringkat-peringkat dalam mitosis



GAMBAR FOTO 6.1 Mitosis pada hujung akar tumbuhan

METAFASA

- Sentriol berada di kutub sel yang bertentangan.
- Gentian gelendong menetapkan kromosom pada satah khatulistiwa.
- Kromosom tersusun dalam satu barisan di satah khatulistiwa.
- Metafasa berakhir apabila sentromer mula membahagi.



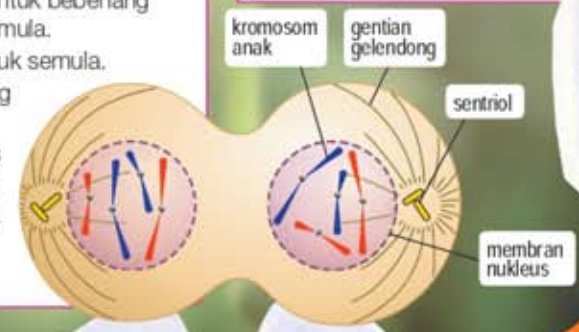
ANAFASA

- Sentromer membahagi dua dan kromatid kembar berpisah.
- Gentian gelendong memendek, mengecut dan kromatid kembar tertarik ke kutub sel yang bertentangan.
- Anafasa berakhir apabila kromatid sampai di kutub sel.



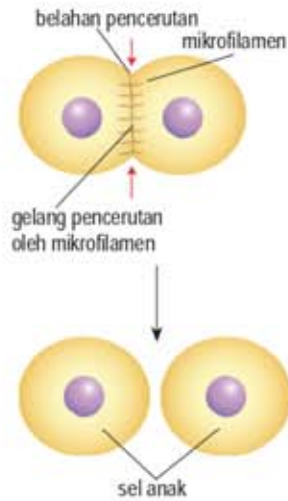
TELOFASA

- Apabila sampai di kutub bertentangan, kromatid kini dikenali sebagai kromosom anak.
- Setiap kutub sel mempunyai satu set kromosom yang lengkap dan seiras.
- Kromosom berbentuk bebenang halus kromatin semula.
- Nukleolus terbentuk semula.
- Gentian gelendong menghilang.
- Membran nukleus baharu terbentuk.
- Peringkat telofasa diikuti oleh sitokinesis.



RAJAH 6.3 Mitosis





RAJAH 6.4 Sitokinesis dalam sel haiwan

Perbezaan mitosis dan sitokinesis antara sel haiwan dengan sel tumbuhan

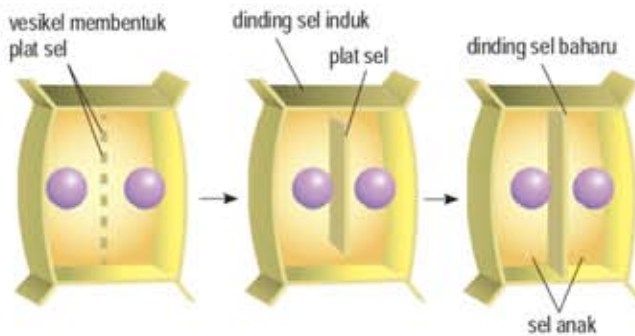
Sel tumbuhan tidak mempunyai sentriol. Namun begitu, sel tumbuhan masih berupaya membentuk gentian gelendong semasa mitosis.

Sitokinesis berbeza antara sel haiwan dan sel tumbuhan. Sitokinesis ialah pembahagian sitoplasma yang berlaku sebaik sahaja selepas nukleus terbentuk iaitu pada akhir telofasa. Bagi sel haiwan, sitokinesis berlaku apabila membran plasma mengerut di bahagian tengah sel di antara dua nukleus (Rajah 6.4). Mikrofilamen yang terdapat di tempat pencerutan mengecut menyebabkan sel mengerut sehingga terputus menjadi dua sel anak.

Sitokinesis dalam sel tumbuhan pula bermula apabila vesikel yang dibentuk bercantum membentuk plat sel di bahagian tengah sel (Rajah 6.5). Plat sel dikelilingi oleh membran plasma baharu dan bahan dinding sel baharu terbentuk di ruang antara plat sel. Plat sel berkembang ke arah luar sehingga bercantum dengan membran plasma. Pada akhir sitokinesis, gentian selulosa dihasilkan oleh sel untuk menguatkan dinding sel baharu. Dua sel anak terbentuk. Setiap sel anak berkeadaan diploid.



■ Bagi perkembangan embrio dan pertumbuhan organisma, mitosis memastikan pertambahan sel yang pesat dapat berlaku.



RAJAH 6.5 Sitokinesis dalam sel tumbuhan

Keperluan mitosis

Mitosis penting dalam proses hidup berikut.



■ Melalui proses mitosis, cicak mampu menghasilkan ekor yang baharu (penjanaan semula) sekiranya ekor terputus.



■ Mitosis membantu organisma seperti hidra menghasilkan individu baharu melalui pembentukan tunas.



■ Apabila kecederaan berlaku pada badan kita, mitosis akan menghasilkan sel-sel baharu menggantikan sel-sel yang mati atau rosak.

GAMBAR FOTO 6.2 Keperluan mitosis bagi organisma hidup



■ Teknik pengkulturan menggunakan sel stem daripada haiwan yang kemudiannya dikultur di dalam makmal untuk menghasilkan daging.



■ Terapi sel stem menggunakan sel stem daripada sumsum tulang bagi merawat rawan yang rosak.

■ Dalam bidang pertanian, teknik pengkulturan tisu tumbuhan digunakan untuk menghasilkan anak-anak pokok melalui pengkulturan sel-sel induknya tanpa melalui proses persenyawaan.



Praktis Formatif 6.2

- 1 Nyatakan aplikasi mitosis dalam bidang pertanian.
- 2 Terangkan proses yang berlaku semasa fasa S.



- 3 Ramalkan apa yang akan berlaku sekiranya gentian gelendong gagal terbentuk.
- 4 Terangkan keperluan mitosis dalam proses hidup.

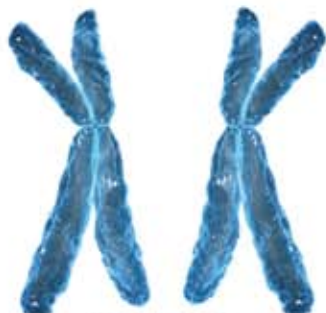
GAMBAR FOTO 6.3 Aplikasi mitosis dalam bidang perubatan dan pertanian

6.3 Meiosis

Meiosis ialah proses pembahagian sel yang berlaku dalam organ pembiakan untuk menghasilkan gamet yang mempunyai bilangan kromosom separuh (haploid) daripada bilangan kromosom sel induknya (diploid). Meiosis berlaku di dalam testis (jantan/lelaki) dan ovari (betina/perempuan) bagi haiwan dan manusia.

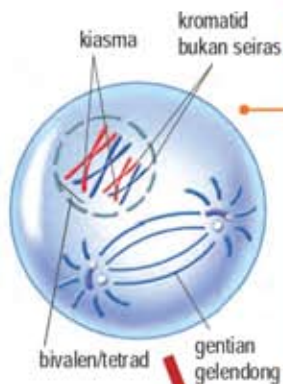
Keperluan meiosis

Meiosis membentuk gamet melalui proses **gametogenesis** serta memastikan **bilangan kromosom diploid** sesuatu organisma yang menjalankan pembiakan seks sentiasa dikekalkan dari satu generasi ke satu generasi. Meiosis juga menghasilkan **variasi genetik** dalam spesies yang sama. Meiosis dibahagikan kepada dua peringkat pembahagian sel iaitu **meiosis I** dan **meiosis II**.



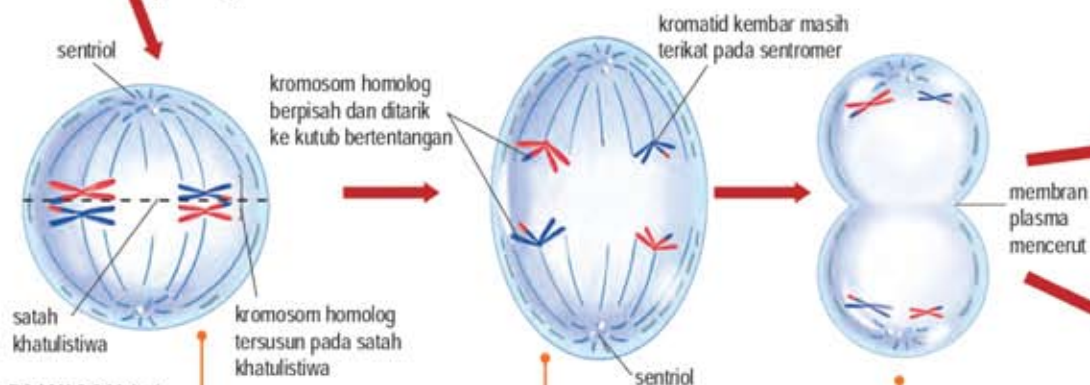
GAMBAR FOTO 6.4 Kromosom homolog

- a. Meiosis I terdiri daripada **profasa I**, **metafasa I**, **anafasa I** dan **telofasa I**.
- b. Meiosis II terdiri daripada **profasa II**, **metafasa II**, **anafasa II** dan **telofasa II**.



PROFASA I

- Kromatin **memendek, menebal** dan membentuk kromosom yang jelas kelihatan. Kromosom homolog berpasangan (**sinapsis**) membentuk **bivalen** (ataupun dikenali sebagai **tetrad** iaitu terdapat empat kromatid bagi kromosom homolog).
- Proses **pindah silang** iaitu pertukaran bahan genetik antara kromatid-kromatid bukan seiras berlaku. Pindah silang menghasilkan **kombinasi gen** yang **baru** pada kromosom. Tempat di mana kromatid bersilang disebut **kiasma**. Pada akhir profasa I, membran nukleus dan nukleolus mula menghilang. Kedua-dua sentriol bergerak ke kutub sel bertentangan. Gentian gelendong terbentuk antara sentriol.



RAJAH 6.6 Meiosis

METAFASA I

- Kromosom homolog tersusun di **satah khatulistiwa**.
- Satu kromosom daripada setiap pasangan kromosom homolog terikat pada gentian gelendong dari satu kutub sel dan homolognya terikat pada gentian gelendong dari kutub sel bertentangan.
- Kromatid kembar masih terikat bersama kerana sentromer masih belum berpisah.

ANAFASA I

- Gentian gelendong mengecut menyebabkan setiap kromosom homolog berpisah daripada pasangan homolognya dan tertarik ke kutub sel yang bertentangan.
- Setiap kromosom masih terdiri daripada sepasang kromatid kembar yang terikat pada sentromer dan bergerak sebagai satu unit.

TELOFASA I

- Kromosom tiba di kutub sel bertentangan.
- Setiap kutub sel mengandungi bilangan kromosom haploid yang terdiri daripada satu set kromosom sahaja.
- Gentian gelendong kemudiannya menghilang.
- Nukleolus muncul semula dan membran nukleus terbentuk.
- Telofasa I disusuli oleh proses sitokinesis yang menghasilkan dua sel anak.
- Kedua-dua sel anak yang terhasil berada dalam keadaan **haploid**.
- Interfasa bagi meiosis I lazimnya singkat dan DNA tidak menjalani replikasi.



PROFASA II

- Nukleolus dan membran nukleus menghilang.
- Setiap kromosom terdiri daripada kromatid kembar yang bercantum di sentromer.
- Gentian gelendong mula terbentuk di dalam kedua-dua sel anak.

ANAFASA II

- Sentromer kromatid kembar berpisah.
- Pasangan **kromatid kembar** berpisah dan bergerak ke kutub bertentangan didahului oleh sentromer.
- Setiap kromatid pada peringkat ini dikenali sebagai **kromosom**.

kromatid kembar berpisah

empat sel anak haploid

membran nukleus

dua sel anak haploid

METAFASA II

- **Kromosom** tersusun secara rawak pada satah khatulistiwa bagi setiap sel anak.
- Setiap kromatid terikat pada gentian gelendong di **sentromer**.
- Metafasa II tamat apabila sentromer berpisah.

TELOFASA II

- Kromosom tiba di kutub sel.
- Gentian gelendong menghilang. Membran nukleus dan nukleolus terbentuk semula.
- Bilangan kromosom setiap sel anak adalah separuh daripada bilangan kromosom induk.
- Telofasa II berakhir dengan proses **sitokinesis** yang menghasilkan **empat sel anak** yang **haploid**.
- Setiap sel haploid mempunyai **separuh daripada bilangan kromosom** sel induk. Kandungan genetik juga berbeza daripada sel induk yang diploid. Sel haploid berkembang menjadi gamet.

Zon Aktiviti

Bina alat berfikir untuk membanding dan membezakan:

- (a) meiosis I dan meiosis II
- (b) meiosis dan mitosis

Perbandingan dan perbezaan antara meiosis dengan mitosis

Anda telah mempelajari dua jenis pembahagian sel iaitu mitosis dan meiosis. Apakah peristiwa utama yang membezakan mitosis dan meiosis dan antara meiosis I dan meiosis II? Banding dan bezakan antara kedua-dua jenis pembahagian sel.

Praktis Formatif 6.3

1 Nyatakan perbezaan paling ketara antara meiosis I dan meiosis II.



2 Huraikan bagaimana meiosis I mengurangkan bilangan kromosom dalam sel anak.

6.4

Isu Pembahagian Sel Terhadap Kesihatan Manusia



TMK 6.3

Video: Kanser
(Dicapai pada 21 Ogos 2019)

Kitar sel dikawal oleh sistem kawalan khas pada setiap fasa G_1 , S, G_2 dan M untuk memastikan pembahagian sel berlaku dengan sempurna. Walau bagaimanapun, kadang-kadang pembahagian sel yang tidak terkawal akan menyebabkan pembentukan tumor.

Tumor terbahagi kepada dua jenis iaitu **tumor benigna** dan **tumor malignan**. Tumor benigna adalah tidak berbahaya dan boleh dibuang melalui pembedahan. Tumor malignan pula dikenali sebagai **kanser**. Kanser disebabkan oleh beberapa faktor iaitu radiasi (sinar x, sinar gama dan sinar ultraungu), bahan kimia (seperti tar dalam tembakau), karsinogen (seperti formaldehid dan benzena), faktor genetik serta bakteria dan virus. Hal ini akan menyebabkan sel-sel membahagi berterusan dan menghasilkan tumor. Sel kanser akan merebak dan memusnahkan sel-sel normal di sekitarnya. Keadaan ini akan mengganggu fungsi tisu-tisu di sekitarnya. Kanser yang tidak dikesan pada peringkat awal akan menyebabkan kerosakan organ dan akhirnya membawa maut (Rajah 6.7).



RAJAH 6.7 Perkembangan kanser payudara

Ketidaknormalan semasa pembahagian meiosis juga akan menyebabkan penyakit genetik, contohnya sindrom Down. Hal ini berlaku kerana gentian gelendong gagal berfungsi ketika anafasa I atau anafasa II. Akibatnya, kromosom gagal berpisah (tak disjungsi). Gamet mempunyai bilangan kromosom tidak normal (22 atau 24 kromosom). Jika persenyawaan antara gamet normal (23 kromosom) dan gamet abnormal (24 kromosom) berlaku, zigot akan mempunyai 47 kromosom iaitu satu keadaan yang tidak normal (Rajah 6.8).

Dalam pembahagian meiosis yang normal, kromosom dibahagikan dengan sekata antara gamet.

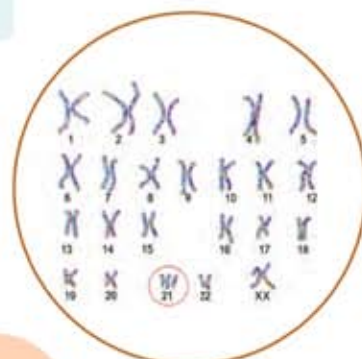
Sekiranya kromosom homolog atau kromatid kembar gagal berpisah, taburan kromosom induk semasa meiosis adalah tidak sekata.



RAJAH 6.8 Pembentukan trisomi 21

Individu sindrom Down mempunyai 47 kromosom, iaitu terdapat kromosom tambahan pada set ke-21. Keadaan ini juga dikenali sebagai **trisomi 21**. Sindrom ini boleh menyebabkan kerencatan mental, mata sepet dan lidah sedikit terjelir.

GAMBAR FOTO 6.5 Kanak-kanak sindrom Down menunjukkan ciri-ciri tertentu seperti pertumbuhan badan terbantut dan kerencatan mental



GAMBAR FOTO 6.6 Set kromosom lengkap individu yang menghidap sindrom Down

Praktis Formatif 6.4

1 Terangkan mengapa kaedah radioterapi digunakan untuk mengawal atau menghentikan pertumbuhan sel kanser.

2 Keadaan tak disjungsi dalam manusia boleh menyebabkan penyakit genetik seperti sindrom Down. Nyatakan bilangan kromosom dan ciri-ciri yang terdapat pada individu sindrom Down.



Rumusan



Refleksi Kendiri

Adakah anda telah menguasai konsep penting berikut?

- Definisi kariokinesis, sitokinesis, haploid, diploid, kromatin, kromosom homolog, kromosom paternal dan kromosom maternal
- Kitar sel
- Peringkat-peringkat mitosis
- Perbezaan mitosis dan sitokinesis antara sel haiwan dengan sel tumbuhan
- Peringkat-peringkat meiosis
- Perbezaan dan persamaan antara meiosis dengan mitosis
- Keperluan mitosis dan meiosis
- Kesan ketidaknormalan mitosis dan meiosis terhadap kesihatan manusia

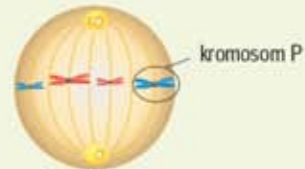


Praktis Sumatif 6

- 1 Namakan urutan proses mitosis.
- 2 Apakah fungsi sentriol dalam pembahagian sel haiwan?
- 3 Nyatakan satu perbezaan antara metafasa mitosis dengan metafasa I meiosis.
- 4 (a) Terangkan kepentingan proses pembahagian sel yang berlaku di hujung akar tumbuhan.
(b) Seorang peladang ingin menghasilkan sebilangan besar pokok mangga jenis baka baik dalam masa yang singkat untuk tujuan komersial. Nyatakan dan huraikan teknik yang boleh digunakan oleh peladang tersebut.



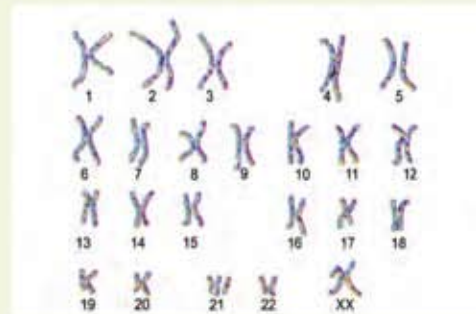
- 5 Rajah 1 menunjukkan suatu sel yang berada di peringkat M dalam kitar sel. Lukiskan kedua-dua sel yang akan terbentuk sekiranya kromosom P tidak berpisah.



RAJAH 1

Soalan Esei

- 6 Rajah 2 menunjukkan set lengkap kromosom seorang individu.
(a) Nyatakan penyakit genetik yang dihidapi oleh individu tersebut.
(b) Terangkan bagaimana individu ini boleh menghadapi penyakit genetik tersebut.



RAJAH 2

- 7 Sel kanser terbentuk selepas sel normal terdedah kepada faktor Y.
(a) Terangkan pembentukan sel kanser.
(b) Nyatakan dua contoh faktor Y yang menyebabkan pembentukan sel kanser.
(c) Nyatakan dua cara untuk mengelakkan perkembangan sel kanser.

Sudut Pengayaan

- 8 Perkembangan dalam bidang kultur tisu tumbuhan telah membolehkan ahli sains meningkatkan kualiti dan kuantiti sesuatu tanaman. Para ahli sains di Malaysia telah berjaya mempatenkan produk yang boleh disembur pada pokok orkid bagi membantu mengatasi jangkitan yang disebabkan oleh virus. Cabang bioteknologi ini dikenali sebagai teknologi *RNA interference*. Pada pendapat anda, bolehkah teknologi semburan ini diguna pakai untuk semua organisma sebagai perlindungan daripada jangkitan penyakit?



Jawapan lengkap boleh didapati dengan mengimbas kod QR yang disediakan