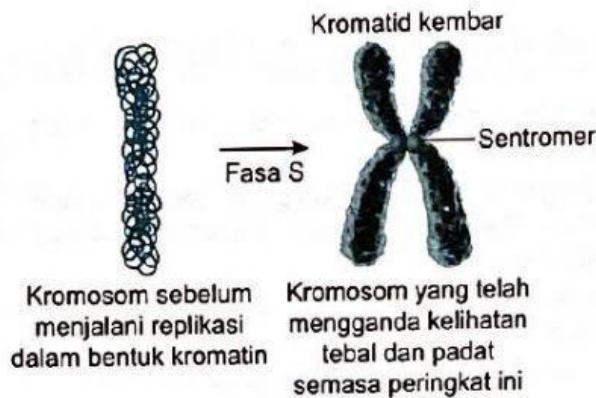


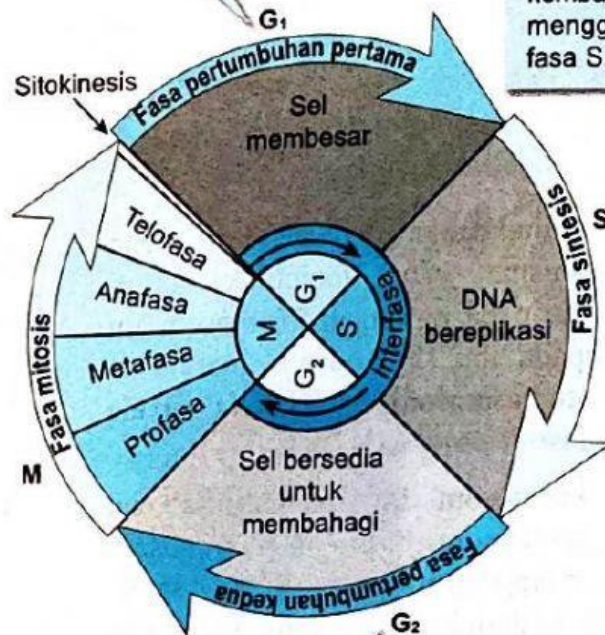
Pertumbuhan sel berlaku dengan aktif di mana sel menggandakan bilangan organel-organel dalam sitoplasma dan membina protein.

Sintesis atau replikasi DNA berlaku. Setiap kromosom mempunyai dua kromatid yang selaras atau kromatid kembar. Sentiol turut mengganda semasa fasa S.



Kitar sel

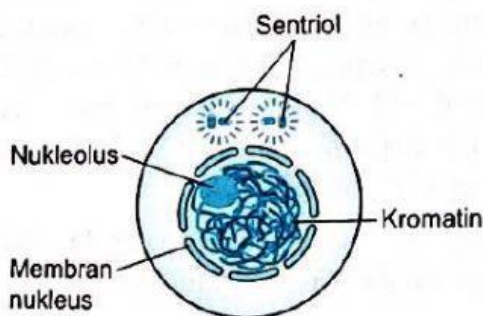
INFO



- Pertumbuhan sel terus berlaku.
- Lebih banyak protein dan enzim disintesis.
- Sel membuat persiapan untuk membahagi.

Rajah 6.4 Kitar sel

3. Rajah 6.5 menunjukkan keadaan sel semasa peringkat interfasa.



Rajah 6.5 Peringkat interfasa

4. Bagi sel-sel yang tidak lagi membahagi, sel tersebut akan memasuki fasa G_0 . Fasa G_0 bukan sebahagian daripada kitar sel. Contohnya, sel-sel seperti neuron tidak lagi membahagi tetapi hanya menjalankan fungsi sel yang khusus.

Mitosis (Fasa M)

1. Fasa M melibatkan dua proses, iaitu pembahagian nukleus (mitosis) dan pembahagian sitoplasma (sitokinesis).
2. Mitosis melibatkan pembahagian bilangan kromosom yang sama rata ke dalam nukleus sel anak. Maka, mitosis memastikan setiap sel anak mempunyai bilangan kromosom dan kandungan genetik yang sama dengan sel induk.
3. Mitosis terdiri daripada empat peringkat utama, iaitu:
 - (a) Profasa
 - (b) Metafasa
 - (c) Anafasa
 - (d) Telofasa

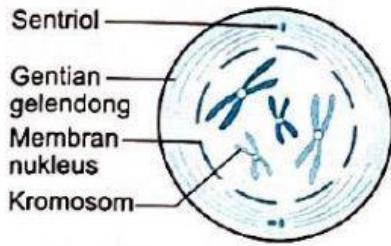


Proses Mitosis

VIDEO

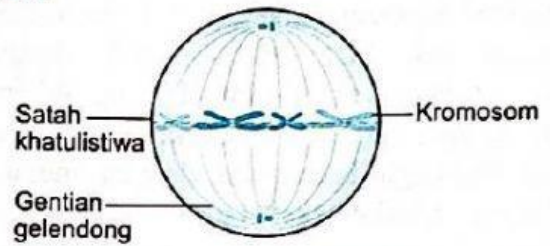


Profasa



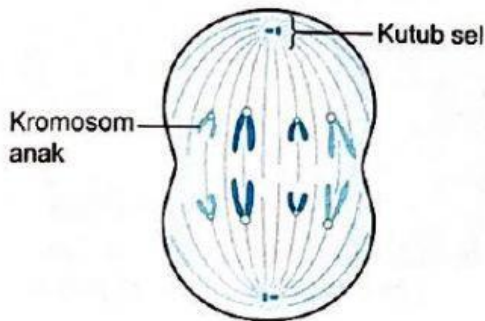
- Nukleolus menghilang
- Kromatin semakin menebal, memendek dan menjadi padat dan membentuk kromosom.
- Kromosom terdiri daripada dua kromatid kembar yang bercantum di sentromer.
- Sentiol bergerak ke kutub yang bertentangan. Gentian gelendong terbentuk daripada sentiol.
- Membran nukleus terurai.

Metafasa



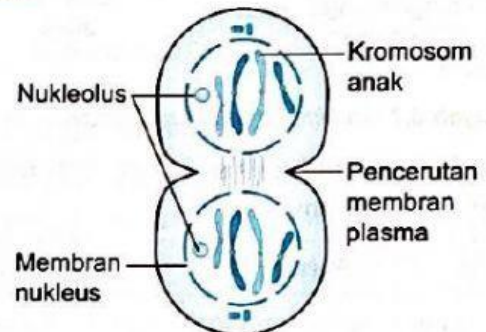
- Kromosom tersusun sebaris di tengah-tengah sel pada satah khatulistiwa.
- Gentian gelendong menetapkan kedudukan kromosom. Kromatid kembar masih terikat pada sentromer.

Anafasa



- Sentromer membahagi dua dan kromatid kembar terpisah.
- Gentian gelendong mengecut serta memendek dan menarik kromatid kembar ke kutub yang bertentangan.
- Kromatid kini dikenali sebagai kromosom anak.
- Setiap kutub sel mempunyai satu set kromosom yang lengkap dan seiras.

Telofasa



- Gentian gelendong mula menghilang. Nukleolus terbentuk semula.
- Kromosom anak membuka lingkarannya dan menjadi bebenang lurus dan halus semula.
- Membran nukleus terbentuk semula dan menyelaputi kromosom anak yang baharu.
- Telofasa disusuli dengan sitokinesis untuk membentuk dua sel anak.

4. Mitosis juga berlaku di dalam sel tumbuhan yang turut melibatkan keempat-empat peringkat iaitu profasa, metafasa, anafasa dan telofasa.

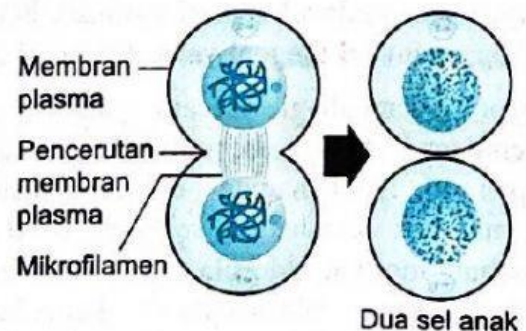
5. Walau bagaimanapun, mitosis dalam sel tumbuhan tidak memerlukan kehadiran sentiol bagi pembentukan gentian gelendong. Gentian gelendong terbentuk dari satu kawasan berhampiran dengan membran nukleus yang dikenali sebagai sentrosom.

Sitokinesis

1. Sitokinesis ialah proses pembahagian sitoplasma yang biasanya berlaku sejurus selepas telofasa bermula.

2. Proses sitokinesis yang berlaku di dalam sel haiwan dan sel tumbuhan adalah berbeza. Hal ini disebabkan oleh kehadiran dinding sel dalam sel tumbuhan.

3. Bagi sel haiwan, pencerutan membran plasma berlaku sehingga sel terpisah menjadi dua sel anak (Rajah 6.6).



Rajah 6.6 Sitokinesis dalam haiwan

Keperluan mitosis



Perkembangan embrio

Perkembangan embrio daripada zigot sehinggalah terbentuknya organisma kompleks berlaku melalui mitosis.

Pertumbuhan organisma

Sel menjalani pembahagian untuk menambahkan bilangan sel dalam badan.



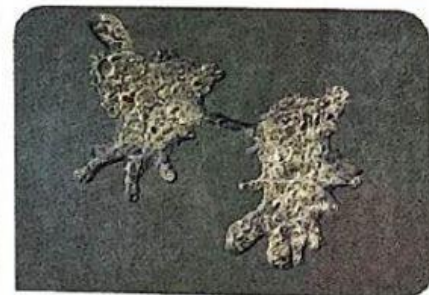
Penjanaan semula

Mitosis membolehkan cicak menghasilkan ekor baharu setiap kali ekornya terputus.



Penyembuhan luka

Mitosis menggantikan dan memperbaiki sel-sel yang rosak, misalnya luka pada kulit.



Keperluan mitosis

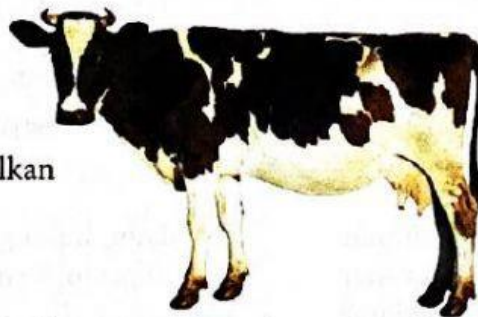
Pembiakan aseks

Contohnya belahan dedua dalam *Amoeba* sp. dan *Hydra* sp. berlaku secara mitosis. Sel anak yang dihasilkan adalah seiras secara genetik dengan sel induk.

Aplikasi mitosis

Pengkulturan daging

- 1 Daging sintetik dihasilkan menggunakan teknik pengkulturan *in vitro* tisu otot haiwan.
- 2 Daging yang dihasilkan di dalam makmal membekalkan sumber protein, lemak dan vitamin seperti mana daging yang diperoleh daripada haiwan ternakan.



1 Tisu daging diperoleh daripada otot haiwan.



2 Sel stem diekstrak daripada tisu otot dan dikulturkan dalam medium kultur yang sesuai.



4 Gentian tisu otot dicincang dan dijadikan sebagai daging burger.



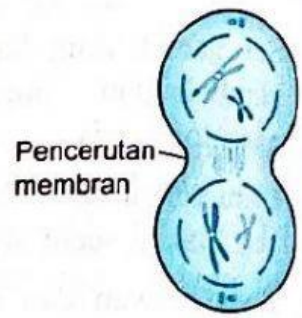
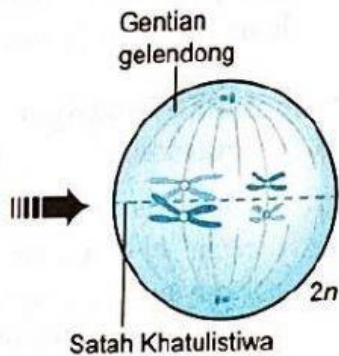
3 Sel membahagi secara mitosis dan membentuk tisu otot bergentian.



Foto 6.3 Pengkulturan daging

Peringkat-peringkat Meiosis

Meiosis I: Pemisahan kromosom homolog

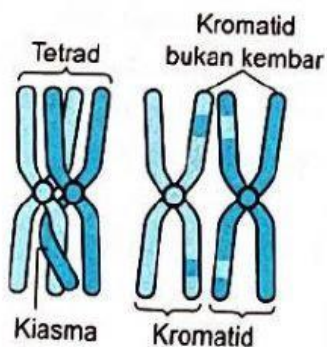


- Kromosom memendek, menebal dan jelas kelihatan.
- Kromosom homolog berpasangan melalui proses sinapsis dan membentuk tetrad (terdiri daripada empat kromatid)
- Pindah silang berlaku di antara kromatid bukan kembar (Rajah 6.17). Titik persilangan dipanggil kiasma. Pindah silang menyebabkan berlakunya pertukaran bahan genetik pada kromosom homolog.
- Gentian gelendong terbentuk. Nukleolus hilang dan membran nukleus terurai.

- Setiap pasangan kromosom homolog tersusun di satah khatulistiwa secara bebas.
- Gentian gelendong dari kutub bertentangan melekat pada sentromer setiap pasangan homolog masing-masing.

- Setiap kromosom dalam pasangan homolog terpisah dan ditarik oleh gentian gelendong ke kutub sel yang bertentangan.
- Kromatid kembar masih terikat di sentomer.
- Pemisahan pasangan homolog adalah titik permulaan sel menjadi haploid.

- Setiap kromosom daripada pasangan homolog tiba ke kutub sel masing-masing.
- Gentian gelendong menghilang.
- Nukleolus dan membran nukleus terbentuk.
- Sitokinesis berlaku. Dua sel anak yang haploid terbentuk.



Rajah 6.17 Pindah silang antara pasangan kromatid bukan kembar



Proses Meiosis

INGAT!

Meiosis I – Memisahkan kromosom homolog

Meiosis II – Memisahkan kromosom beradik

LIVEWORKSHEETS

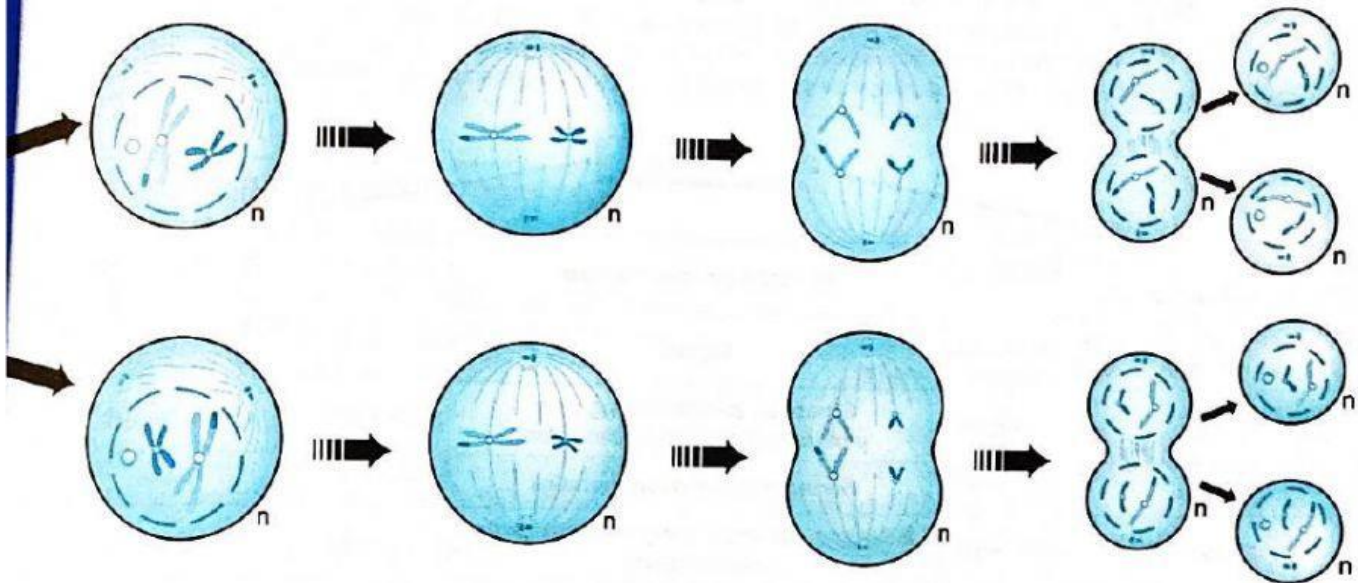
Meiosis II: Pemisahan kromosom kembar

(e) Profasa II

(f) Metafasa II

(g) Anafasa II

(h) Telofasa II dan Sitokinesis



- Sentriol mengganda dan bergerak ke kutub sel yang bertentangan.
- Gentian gelendong terbentuk semula.
- Nukleolus dan membran nukleus terurai.
- Kromosom terdiri daripada kromatid kembar yang terikat pada sentromer.

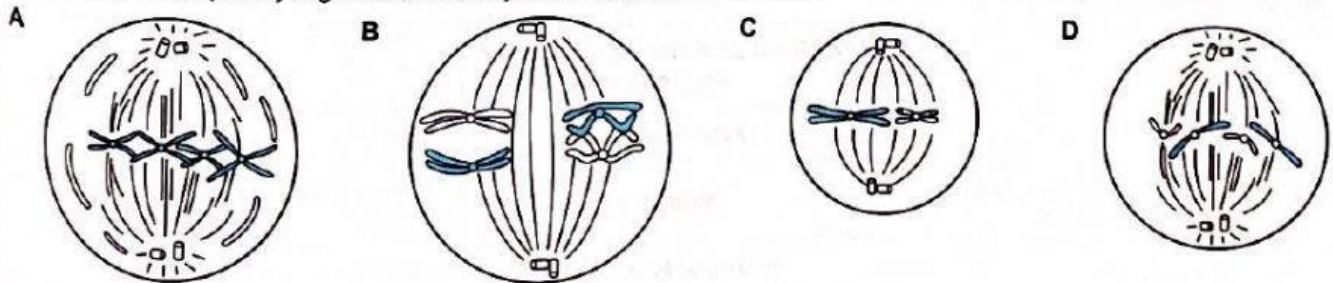
- Kromosom tersusun di salah khatulistiwa.
- Sentromer menghala ke kutub yang bertentangan.

- Sentromer yang memegang kromatid kembar terpisah.
- Setiap kromatid kembar berpisah dan bergerak ke kutub yang bertentangan.

- Kromosom tiba di kutub sel masing-masing.
- Nukleolus dan membran nukleus terbentuk semula.
- Telofasa II berakhir dengan proses sitokinesis yang menghasilkan empat sel anak yang haploid.

Mentor SPM

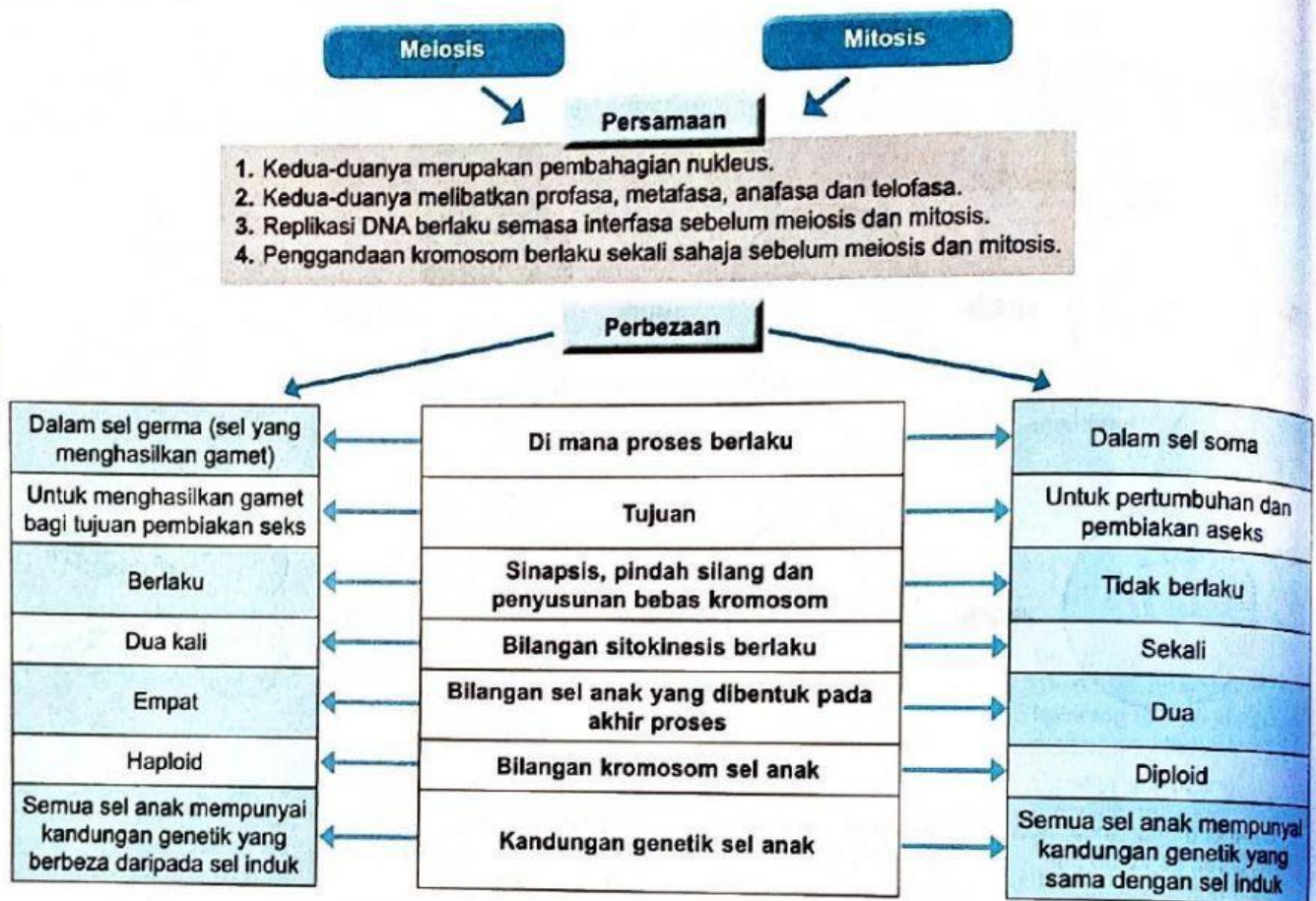
Mana satukah daripada yang berikut menunjukkan metafasa meiosis II?



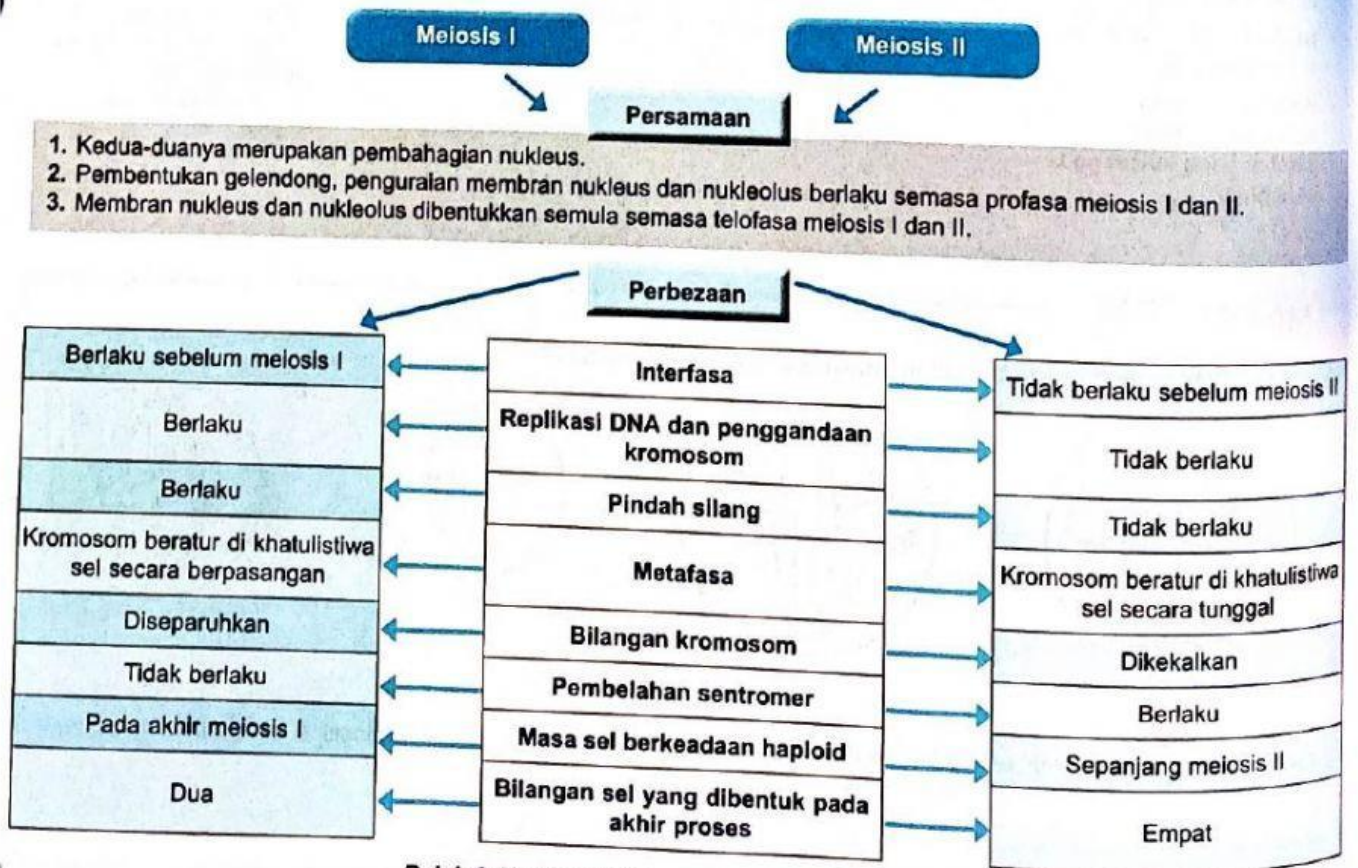
Tip Pemeriksa:

Kromosom homolog telah terpisah semasa meiosis I. Jadi, semasa metafasa meiosis II, kromosom tidak lagi berpasangan.

Jawapan: C



Rajah 6.18 Perbandingan antara meiosis dengan mitosis



Rajah 6.19 Perbandingan antara meiosis I dengan II



Cuba Ini!

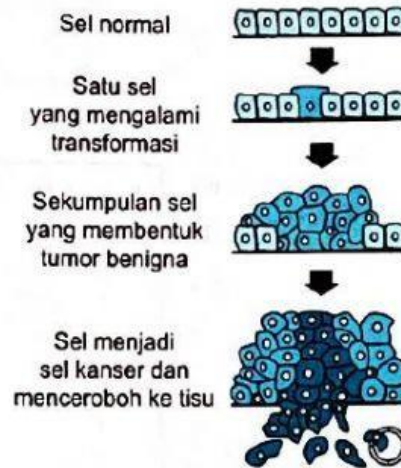
6.3

1. Jika sel soma suatu haiwan ialah 60, berapakah bilangan kromosom dalam sel gametnya?
2. Terangkan proses pindah silang yang berlaku semasa profasa I. Nyatakan kepentingan proses tersebut.

6.4

Isu Pembahagian Sel terhadap Kesihatan Manusia

1. Pengawalaturan dalam kitar sel adalah penting bagi pertumbuhan, perkembangan dan penyelenggaraan sel yang normal.
2. Ketidakknormalan semasa pembahagian mitosis dan meiosis akan menyebabkan beberapa kesan terhadap kesihatan manusia.
3. Mitosis yang tidak terkawal ditakrifkan sebagai sel membahagi secara mitosis berulang kali tanpa kawalan kerana gen yang mengawal atur kitar sel mengalami mutasi atau rosak.
4. Di antara faktor-faktor yang menyebabkan mutasi dan seterusnya mitosis yang tidak terkawal ini adalah:
 - (a) Pendedahan terhadap sinaran radioaktif atau sinaran ultraungu cahaya matahari
 - (b) Penggunaan agen atau bahan karsinogenik
 - (c) Merokok, meminum alkohol atau menghisap dadah
5. Apabila sel membahagi dan terus membahagi tanpa kawalan, maka sekumpulan sel yang dipanggil tumor akan terbentuk (Rajah 6.20). Terdapat dua jenis tumor, iaitu tumor benigna dan tumor malignan.
 - (a) Tumor benigna ialah tumor yang kekal di tapak asal, tidak mengancam nyawa dan boleh disingkirkan melalui pembedahan.
 - (b) Tumor malignan pula ialah tumor yang merebak dan memusnahkan tisu-tisu yang normal di sekelilingnya. Ia akan merosakkan fungsi tisu-tisu tersebut dan boleh membawa kepada kematian. Sel ini dikenali sebagai sel kanser.



Rajah 6.20 Pembentukan sel kanser

6. Kesan ketidakknormalan semasa meiosis dikenali sebagai **tak disjungsi**, yang berlaku semasa anafasa I atau anafasa II. Kedua-dua keadaan tak disjungsi ini akan menyebabkan bilangan kromosom yang tidak normal dalam gamet. Gamet akan mempunyai bilangan kromosom yang lebih atau kurang daripada bilangan kromosom yang normal.
7. Persenyawaan di antara gamet yang abnormal dengan gamet yang normal akan menyebabkan pembentukan zigot yang abnormal.
8. Sebagai contoh, penyakit sindrom Down (Rajah 6.21) disebabkan oleh pertambahan satu kromosom 21 yang mengakibatkan semua sel soma mempunyai 47 kromosom berbanding dengan bilangan yang sepatutnya iaitu 46 kromosom.



Rajah 6.21 Kanak-kanak sindrom Down

Cuba Ini!

6.4

1. Huraikan bagaimana sel kanser terbentuk.
2. Terangkan bagaimana sindrom Down berlaku.

Tingkatan 4

Cell Division Pembahagian Sel

PAPER 1

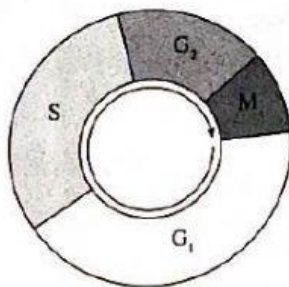
1 Which of the following is true about karyokinesis and cytokinesis?

Antara yang berikut, yang manakah benar mengenai kariokinesis dan sitokinesis?

	Karyokinesis Kariokinesis	Cytokinesis Sitokinesis
A	Division of the nucleus Pembahagian nukleus	Division of the cytoplasm Pembahagian sitoplasma
B	Occurs in M phase Berlaku pada fasa M	Occurs in G ₁ phase Berlaku pada fasa G ₁
C	Only occurs in mitosis Hanya berlaku dalam mitosis	Only occurs in meiosis Hanya berlaku dalam meiosis
D	Protein synthesis occurs Sintesis protein berlaku	DNA synthesis occurs Sintesis DNA berlaku

2 The diagram below shows phases of a cell cycle.

Rajah di bawah menunjukkan fasa-fasa dalam kitar sel.



Which of the following happens in phase G₂?

Antara yang berikut, yang manakah berlaku pada fasa G₂?

- A DNA replication
Replikasi DNA
- B Synthesis of proteins and enzymes needed for cell replication
Protein and enzim disintesis untuk replikasi sel
- C Cells gather energy and make final arrangements to enter the next stage
Sel mengumpul tenaga dan membuat persediaan terakhir untuk memasuki peringkat seterusnya
- D Each chromosome doubles into two sister chromatids
Setiap kromosom berganda menghasilkan dua kromatid beradik dan seiras

3 Which of the following is the correct sequence of the stage of mitosis?

Antara berikut, urutan manakah yang betul mengenai peringkat mitosis?

- A Prophase → Anaphase → Metaphase → Telophase
Profasa → Anafasa → Metafasa → Telofasa
- B Metaphase → Prophase → Anaphase → Telophase
Metafasa → Profasa → Anafasa → Telofasa
- C Telophase → Metaphase → Prophase → Anaphase
Telofasa → Metafasa → Profasa → Anafasa
- D Prophase → Metaphase → Anaphase → Telophase
Profasa → Metafasa → Anafasa → Telofasa

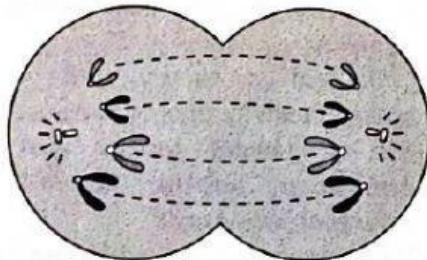
- 4 Which of the following is the importance of mitosis?

Antara yang berikut, yang manakah adalah kepentingan mitosis?

- A Development of cancerous cells
Pertumbuhan sel-sel kanser
- B Crossing over
Pindah silang
- C Embryo development
Pertumbuhan embrio
- D Genetic variation
Variasi genetik

- 5 The diagram below shows the anaphase of mitosis in a cell.

Rajah di bawah menunjukkan anafasa bagi mitosis dalam satu sel.



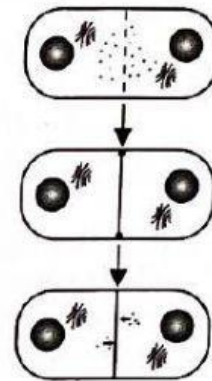
Which of the following statements describe the processes that happen in this phase?

Antara pernyataan berikut, yang manakah menerangkan proses yang berlaku pada fasa ini?

- I Nucleoli reformed
Nukleoli terbentuk semula
 - II The sister chromatids separate
Kromatid kembar berpisah
 - III The chromosomes become aligned in a single row
Kromosom tersusun sebaris
 - IV The chromatid arrives at the pole of the cell
Kromatid tiba ke kutub sel
- A I and II
I dan II
 - B I and III
I dan III
 - C II and IV
II dan IV
 - D III and IV
III dan IV

- 6 The diagram below shows a phase in the cell division of a plant cell.

Rajah di bawah menunjukkan satu fasa dalam pembahagian sel pada satu sel tumbuhan.



What is the name of this process?

Apakah nama proses ini?

- A Mitosis
Mitosis
- B Cytokinesis
Sitokinesis
- C Karyokinesis
Kariokinesis
- D Synthesis phase
Fasa sintesis

- 7 The statements below are about a process of cell division.

Pernyataan di bawah adalah mengenai satu proses pembahagian sel.

- Produces gametes
Menghasilkan gamet
- Occurs in reproductive organs
Berlaku dalam organ pembiakan
- Produces genetic variation
Menghasilkan variasi genetik

What is the process?

Apakah proses itu?

- A Cytokinesis
Sitokinesis
- B Karyokinesis
Kariokinesis
- C Mitosis
Mitosis
- D Meiosis
Meiosis