



Kelas XII BIOLOGI

Pembelahan Sel



Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, kamu diharapkan memiliki kemampuan berikut.

1. Memahami tentang pembelahan sel.
2. Dapat membedakan antara pembelahan mitosis dan meiosis.
3. Memahami tentang gametogenesis pada manusia dan hewan.
4. Memahami tentang mikrosporogenesis, megasporogenesis, mikrogametogenesis, dan megagametogenesis.

A. Pendahuluan

Sel memiliki kemampuan untuk memperbanyak diri melalui proses pembelahan sel. Pembelahan sel dapat terjadi pada organisme uniseluler maupun multiseluler. Fungsi dari pembelahan sel adalah untuk pertumbuhan, reproduksi, atau regenerasi. Sel yang membelah disebut **sel induk**. Sel induk akan mewariskan sifat-sifat genetiknya pada sel turunannya. Sel turunan dari sel induk ini disebut sebagai **sel anak**.

Ada dua macam pembelahan sel, yaitu pembelahan langsung dan pembelahan tidak langsung. **Pembelahan langsung** atau disebut juga **pembelahan amitosis** merupakan pembelahan tanpa melalui tahap-tahap pembelahan. Sementara itu, **pembelahan tidak langsung** adalah pembelahan yang melalui tahap-tahap pembelahan. Ada dua tipe pembelahan tidak langsung, yaitu pembelahan mitosis dan pembelahan meiosis.

B. Pembelahan Amitosis

Pembelahan amitosis atau disebut juga pembelahan biner terjadi pada organisme bersel satu (uniseluler). Pembelahan ini terjadi baik pada organisme prokariotik, seperti bakteri dan alga biru, maupun pada organisme eukariotik seperti *Paramecium* dan *Amoeba*. Pembelahan amitosis merupakan salah satu cara reproduksi vegetatif yang dilakukan oleh organisme uniseluler. Pembelahan amitosis berlangsung sangat cepat, yaitu hanya berkisar antara 20–30 menit. Hasil dari pembelahan amitosis adalah dua sel anak yang memiliki jumlah kromosom identik dengan sel induknya. Ciri-ciri dari pembelahan amitosis adalah tidak terjadi peleburan membran inti dan tidak terbentuk benang spindel.

Untuk lebih memahami tentang pembelahan amitosis, mari perhatikan mekanisme pembelahan amitosis pada bakteri berikut.

1. Pengikatan kromosom

Kromosom dari bakteri yang berupa DNA sirkuler melekat pada mesosom untuk mempermudah proses replikasi. **Mesosom** adalah bagian membran sel yang melekat ke arah dalam.

2. Replikasi kromosom

Titik awal/*start* replikasi akan menempel di bagian mesosom membran sel. Senyawa kimia dalam mesosom akan menginisiasi proses replikasi tersebut. Akibatnya, akan terbentuk dua kromosom yang identik, yaitu kromosom induk dan kromosom anak. Kromosom anak akan memisahkan diri dari kromosom induk dan melekat pada mesosom yang berbeda. Pemisahan kedua kromosom ini melibatkan protein FtsZ.

3. Penyekatan sitoplasma

Setelah kedua kromosom memisah, membran sel akan melekat ke arah dalam. Membran sel membagi sel menjadi dua bagian yang sama besar. Protein FtsZ membentuk cincin di daerah pelekat.

4. Pemisahan sel

Pelekat membran sel terus berlangsung dengan arahan protein FtsZ. Pelekat berhenti jika lekukan sudah saling bertemu dan membentuk sekat (septum) yang membagi kedua sel sama besar. Selanjutnya, di daerah septum akan terbentuk dinding sel baru sehingga kedua sel benar-benar terpisah.

C. Pembelahan Mitosis

Pembelahan mitosis terjadi pada sel-sel tubuh (sel somatik) dan sel-sel induk gamet. Pada pembelahan mitosis, sel induk akan membelah menjadi dua sel anak yang sama persis, termasuk jumlah kromosomnya. Jika sel induk memiliki kromosom diploid, kromosom sel anak juga akan diploid.

Dalam satu kali siklus sel, ada dua fase utama yaitu interfase dan mitosis. **Interfase** adalah fase persiapan sel sebelum membelah, sedangkan **mitosis** adalah fase pembelahan sel itu sendiri. Berikut ini adalah penjelasan tentang fase-fase tersebut.

1. Teori *Lock-Key*

Interfase merupakan fase terlama dalam suatu siklus sel. Pada fase ini, terjadi persiapan pembelahan sel, sehingga interfase bukanlah fase istirahat. Interfase meliputi 3 subfase, yaitu sebagai berikut.

a. Subfase G-1 (*Gap-1* atau *Growth-1* = Pertumbuhan Primer)

Pada tahap ini, sel mengalami pertumbuhan sehingga tampak lebih besar. Di dalam G-1, terjadi beberapa peristiwa, antara lain sebagai berikut.

- 1.) Pembesaran ukuran nukleus.
- 2.) Penambahan sitoplasma.
- 3.) Pembentukan DNA.
- 4.) Pembentukan enzim-enzim untuk replikasi DNA.
- 5.) Pembentukan protein melalui tahap-tahap sintesis protein (transkripsi dan translasi) untuk memacu pembelahan nukleus.
- 6.) Pembentukan tubulin dan protein untuk membentuk benang spindel atau gelendong inti.

G-1 merupakan subfase terlama dalam interfase, yaitu berlangsung sekitar 12–24 jam. Lama tidaknya G-1 bervariasi. Akan tetapi, adakalanya sel tidak mengalami G-1 karena harus segera membelah. Contohnya, pada awal pembentukan embrio manusia. G-1 juga dapat berlangsung sangat lama hingga 151 jam. Contohnya, pada pembelahan sel-sel dewasa akar jagung. Sel-sel somatik yang sudah tidak membelah lagi, seperti sel-sel saraf, hanya berada pada subfase G-1. Menurut beberapa ahli, keadaan ini disebut dengan fase G-0.

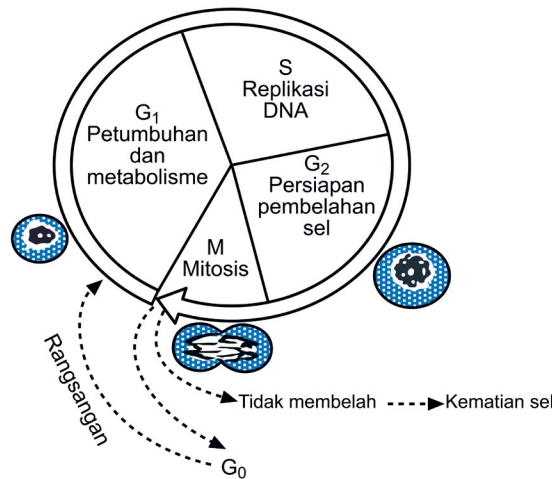
b. Subfase S (Sintesis)

Pada tahap ini, terjadi sintesis dan replikasi DNA, serta pembentukan histon. Selain itu, terjadi pula pembentukan fosfolipid dalam jumlah besar. Fosfolipid akan digunakan sebagai bahan penyusun membran sel dan membran organel-organel sel. Pada akhir subfase S, tiap kromosom sudah tersusun atas dua kromatid saudara (kembar) yang terikat pada satu sentromer. Keadaan ini merupakan aktivitas yang paling penting dalam subfase S. Waktu yang dibutuhkan sel untuk melakukan tahap ini berkisar antara 6–8 jam.

c. Subfase G-2 (*Gap-2* atau *Growth-2* = Pertumbuhan Sekunder)

Pada tahap ini, terjadi pembentukan organel-organel sel, pembentukan RNA, dan sintesis protein. Waktu yang dibutuhkan sel untuk melakukan tahap ini berkisar

antara 3–4 jam. Fase ini merupakan fase persiapan akhir untuk proses mitosis. Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar dari tahap-tahap interfase berikut.



Gambar 1. Tahap-tahap interfase

Pada akhir interfase, sebuah sel sudah memiliki nukleus dengan satu atau dua anak inti (nukleolus, jamak nukleoli). Di dalam nukleus, terdapat benang-benang kromatin halus dan panjang yang telah terduplikasi. Sementara di luar nukleus, terdapat sepasang sentrosom. Sentrosom adalah organel sel yang memiliki peran dalam pembelahan sel. Sentrosom berfungsi untuk mempertahankan jumlah kromosom dan membantu pemisahan kromosom saat pembelahan sel. Sentrosom hanya terdapat pada sel-sel hewan.

2. Mitosis

Mitosis merupakan pembelahan sel yang menghasilkan dua sel anakan yang sama persis dengan sel induk, termasuk jumlah kromosomnya. Jika sel induknya berkromosom diploid ($2n$), kromosom sel anak juga akan diploid. Tujuan dari pembelahan mitosis adalah untuk memperbanyak jumlah sel. Oleh sebab itu, mitosis disebut juga **pembelahan replikasi**.

Mitosis terjadi pada sel-sel yang aktif membelah karena berada pada masa pertumbuhan. Contohnya, pada sel-sel jaringan embrional hewan atau jaringan meristem tumbuhan. Selain itu, mitosis juga terjadi pada jaringan tubuh yang sel-selnya mengalami kerusakan sehingga dapat kembali seperti semula.

Pembelahan mitosis terdiri atas dua tahap, yaitu **kariokinesis** (pembelahan inti sel) dan **sitokinesis** (pembagian sitoplasma). Kariokinesis terdiri atas 5 fase, yaitu profase, prometafase, metafase, anafase, dan telofase. Sementara tahap sitokinesis biasanya dimasukkan dalam tahap telofase.

a. Profase

Profase merupakan fase awal dari mitosis. Pada tahap ini, terjadi hal-hal berikut.

- 1.) Benang-benang kromatin yang tipis dan panjang akan memendek dan menebal menjadi kromosom. Kromosom sudah mengalami penggandaan dan tersusun atas sepasang kromatid saudara yang bersatu di sentromer.
- 2.) Nukleolus (anak inti) menghilang.
- 3.) Kedua sentrosom mulai menjauh dan terbentuk benang-benang spindel yang memancar di antara kedua sentrosom.

b. Prometafase

Pada tahap prometafase, terjadi hal-hal berikut.

- 1.) Membran inti mulai menghilang.
- 2.) Benang-benang spindel mulai berinteraksi dengan kromosom.
- 3.) Sebagian benang spindel berikatan dengan kromosom pada kinetokor di dalam sentromer. Sebagian lagi berhubungan dengan benang spindel dari kutub yang berlawanan.

c. Metafase

Pada tahap metafase, terjadi hal-hal berikut.

- 1.) Kromosom menuju bidang ekuatorial pembelahan.
 - 2.) Sentromer dari seluruh kromosom berjajar lurus dalam satu formasi.
- Tahap metafase disebut juga fase **aster (bintang)**. Hal ini karena jika dilihat dari kutub pembelahan, susunan kromosom akan tampak seperti bintang. Metafase merupakan fase terpendek dari mitosis.

d. Anafase

Pada tahap anafase, terjadi hal-hal berikut.

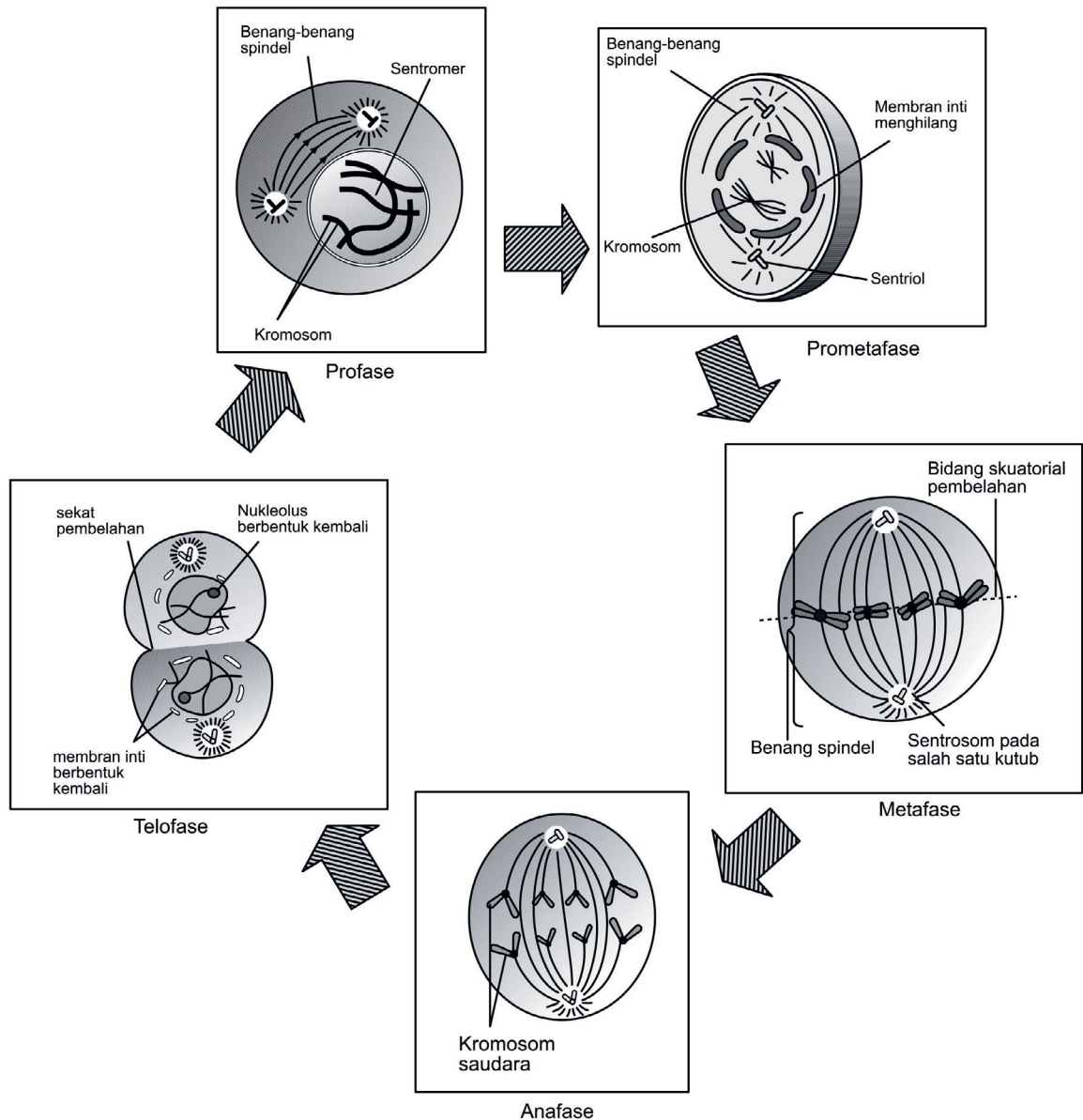
- 1.) Sentromer membelah sehingga masing-masing kromatid saudara dalam setiap kromosom terpisah.
 - 2.) Kromatid saudara kemudian ditarik ke arah kutub yang berlawanan. Pada akhir anafase, seluruh kromatid sudah di kutubnya masing-masing.
- Tahap anafase disebut juga fase **diaster (dua bintang)**. Hal ini karena jika dilihat dari kutub pembelahan, susunan kromosom akan tampak seperti dua bintang. Pada fase ini, jumlah kromosom paling mudah untuk dihitung.

d. Telofase

Pada tahap telofase, terjadi hal-hal berikut.

- 1.) Kromosom-kromosom pada masing-masing kutub kembali menipis menjadi benang-benang kromatin.
- 2.) Nukleolus dan membran inti terbentuk kembali.
- 3.) Di bagian ekuator, terjadi penebalan sehingga sitoplasma terbagi menjadi dua (**sitokinesis**).
- 4.) Terbentuk dua anak sel baru yang identik dengan sel induk.

Untuk lebih jelasnya, perhatikan tahap-tahap pembelahan mitosis berikut.



Gambar 2. Tahap-tahap pembelahan mitosis



SUPER "Solusi Quipper"

Cara mudah mengingat tahap-tahap pembelahan mitosis adalah sebagai berikut.

PRABU PROTES MATANYA KENA TELUR

(profase – prometafase – metafase – anafase – telofase)



Contoh Soal 1

Suatu sel yang mempunyai 10 kromosom membelah secara mitosis. Banyaknya kromosom pada tahap anafase adalah

- A. 5
- B. 10
- C. 20
- D. 40
- E. 80

Jawaban: C

Penjelasan:

Pada pembelahan mitosis, kromosom akan mengalami duplikasi sehingga jumlahnya menjadi dua kali lipat. Jika mula-mula sel memiliki 10 buah kromosom, pada saat pembelahan akan menjadi 20 buah kromosom. Saat memasuki tahap anafase, terjadi pemisahan kromosom menuju kutub-kutub yang berlawanan. Masing-masing kutub memiliki 10 buah kromosom. Oleh sebab itu, pada anafase, jumlah kromosomnya ada 20 buah.

D. Pembelahan Meiosis

Pembelahan meiosis merupakan pembelahan sel yang menghasilkan empat sel anak dengan jumlah kromosom pada setiap sel anak hanya setengah dari sel induknya. Jika sel induk berkromosom diploid ($2n$), kromosom sel anak menjadi haploid (n). Oleh sebab itu, pembelahan meiosis disebut juga **pembelahan reduksi**.

Pembelahan meiosis terjadi pada pembentukan sel-sel gamet dan pembentukan spora pada tumbuhan. Tujuan dari pembelahan meiosis adalah untuk menjaga agar jumlah kromosom dari generasi ke generasi tetap konstan.

Meiosis terdiri atas dua tahap pembelahan yang terjadi secara berurutan, yaitu meiosis I dan meiosis II. Meiosis I terdiri atas 4 fase, yaitu profase I, metafase I, anafase I, dan telofase I. Meiosis II juga terdiri atas 4 fase, yaitu profase II, metafase II, anafase II, dan telofase II. Sebelum meiosis, terlebih dahulu terjadi tahap interfase. Di antara meiosis I dan meiosis II, juga terjadi tahap interkinesis.

1. Interfase

Interfase meiosis terjadi sebelum sel memasuki tahap meiosis I. Pada tahap interfase, terjadi hal-hal berikut.

- a. DNA melakukan replikasi sehingga terbentuk dua salinan DNA.
- b. Sentrosom bereplikasi menjadi dua buah.

2. Meiosis I

Meiosis I merupakan tahap pembelahan reduksi. Hal ini karena pada tahap meiosis terjadi pemisahan kromosom homolog dari sel induk yang bersifat diploid ($2n$) menjadi dua sel anak yang bersifat haploid (n). Fase-fase pada meiosis I adalah sebagai berikut.

a. Profase I

Profase I merupakan fase terpanjang pada meiosis I. Fase ini terdiri atas lima subfase sebagai berikut.

1.) Leptoten/leptonema

Pada subfase ini, benang-benang kromatin menebal menjadi kromosom.

2.) Zigoten/zigonema

Pada subfase ini, terjadi hal-hal berikut.

- Sentromer membelah menjadi dua, kemudian menuju kutub-kutub yang berlawanan.
- Kromosom homolog yang berasal dari gamet kedua induk saling mendekat dan berpasangan. Proses ini disebut **sinapsis**. Pasangan kromosom yang membentuk sinapsis ini disebut **bivalen**.

3.) Pakiten/pakinema

Pada subfase ini, setiap kromosom berduplikasi membentuk dua kromatid dengan sentromer yang masih menyatu. Keadaan ini disebut **tetrad**.

4.) Diploten/diplonema

Pada subfase ini, terjadi hal-hal berikut.

- Kromosom homolog saling menjauh. Akan tetapi, pada beberapa bagian, terjadi perlekatan atau persilangan seperti huruf x membentuk **kiasma** (jamak = kiasmata).
- Pada kiasma, terjadi pindah silang (*crossing over*) yang mendorong terjadinya kombinasi gen baru (rekombinan). Pindah silang dapat menyebabkan terjadinya variasi individu dalam satu keturunan.

5.) Diakinesis

Pada subfase ini, terjadi hal-hal berikut.

- Nukleolus dan membran inti mulai menghilang.
- Terbentuk benang-benang spindel di antara kedua sentrosom yang terpisah.

b. Metafase I

Pada tahap metafase I, terjadi hal-hal berikut.

- 1.) Kromosom tetrad menuju bidang ekuatorial sehingga akan tampak 2 barisan kromosom kembar pada bidang ekuatorial.
- 2.) Benang-benang spindel melekat pada kinetokor masing-masing kromosom.
- 3.) Sentromer pada kromosom tetrad belum membelah.

c. Anafase I

Pada tahap anafase I, terjadi hal-hal berikut.

- 1.) Kromosom homolog yang masing-masing masih berupa kromosom tetrad ditarik oleh benang-benang spindel. Akibatnya, kromosom terpisah satu sama lain menuju kutub-kutub yang berlawanan.
- 2.) Pemisahan kromosom homolog menyebabkan unit kromosom diploid ($2n$) terbagi menjadi dua unit kromosom haploid (n).

d. Telofase I

Pada tahap telofase I, terjadi hal-hal berikut.

- 1.) Kromosom homolog berada di setiap kutub sehingga masing-masing kutub memiliki satu unit kromosom haploid.
- 2.) Terjadi sitokinesis sehingga terbentuk dua sel anak yang haploid. Akan tetapi, setiap kromosom masih terdiri atas sepasang kromatid atau dapat dituliskan sebagai $1n$, $2c$. Artinya, susunan kromosom haploid dengan DNA rangkap atau 2 *copy* DNA.

3. Interkinesis

Interkinesis merupakan suatu tahapan di antara meiosis I dan meiosis II. Pada interkinesis, tidak terjadi replikasi DNA. Hal ini disebabkan setiap sel anak hasil meiosis I masih membawa kromosom-kromosom yang mengandung sepasang kromatid. Ini berarti kandungan DNA pada sel anak tersebut masih rangkap.

4. Meiosis II

Meiosis II merupakan tahap pembagian salinan DNA yang masih rangkap. Pembagian ini dilakukan dari sel-sel anak hasil meiosis I pada sel-sel anak hasil meiosis II. Fase-fase pada meiosis II adalah sebagai berikut.

a. Profase II

Pada tahap profase II, terjadi hal-hal berikut.

- 1.) Kromosom saudara masih berlekatan pada sentromer.
- 2.) Sentrosom membentuk dua sentriol pada kutub-kutub yang berlawanan.
- 3.) Benang spindel mulai terbentuk.
- 4.) Nukleolus dan membran inti hilang.

b. Metafase II

Pada tahap ini, kromosom berjajar di bidang ekuatorial dalam satu baris.

c. Anafase II

Pada tahap anafase II, terjadi hal-hal berikut.

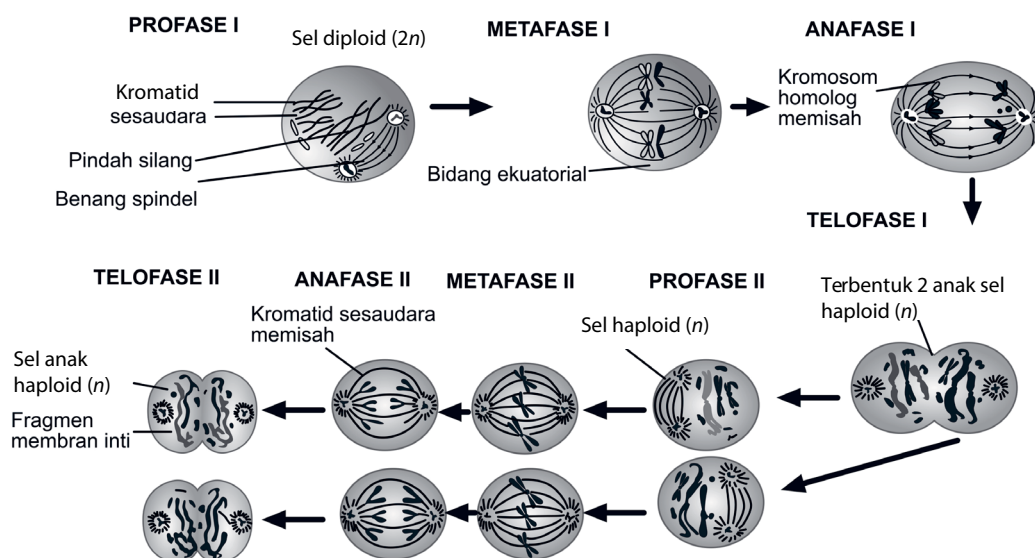
- 1.) Terjadi pemisahan sentromer sehingga kromosom saudara saling terpisah menjadi kromosom individual.
- 2.) Setiap kromosom individual yang sudah terpisah akan ditarik ke arah kutub-kutub yang berlawanan.

d. Telofase II

Pada tahap telofase II, terjadi hal-hal berikut.

- 1.) Kromosom telah berada di kutubnya masing-masing.
- 2.) Nukleolus dan membran inti terbentuk kembali.
- 3.) Terjadi sitokinesis sehingga terbentuk empat sel anak yang bersifat haploid. Oleh karena sel anak hanya mengandung satu salinan DNA, maka dapat dituliskan sebagai $1n$, $1c$. Artinya, susunan kromosom haploid dengan satu salinan DNA atau 1 *copy* DNA.

Untuk lebih jelasnya, perhatikan tahap-tahap pembelahan meiosis berikut.



Gambar 3. Tahap-tahap pembelahan meiosis

Pembelahan mitosis dan pembelahan meiosis memiliki beberapa perbedaan. Tabel berikut ini menunjukkan beberapa perbedaan antara pembelahan mitosis dan pembelahan meiosis.

No.	Faktor Pembeda	Pembelahan Mitosis	Pembelahan Meiosis
1.	Jumlah pembelahan	Satu kali	Dua kali
2.	Jumlah sel anak yang dihasilkan	2 buah sel	4 buah sel
3.	Sifat sel anak	Identik dengan sel induk	Tidak identik dengan sel induk
4.	Jumlah kromosom sel anak	Diploid ($2n$)	Haploid (n)
5.	Tujuan pembelahan	Memperbanyak jumlah sel	Mengurangi jumlah kromosom
6.	Peranan bagi organisme multiseluler	Menghasilkan sel somatik	Menghasilkan sel gamet



Contoh Soal 2

Peristiwa *crossing over* (pindah silang) antara kromosom dan pasangan yang homolog terjadi pada fase

- A. profase I
- B. anafase II
- C. metafase I
- D. profase II
- E. telofase I

Jawaban: A

Penjelasan:

Crossing over (pindah silang) terjadi karena lengan-lengan kromosom homolog yang berada pada tahap tetrad saling bersilangan atau berlekatan pada beberapa tempat. Ini terjadi pada profase I, yaitu pada subfase diploten.

E. Gametogenesis pada Manusia dan Hewan

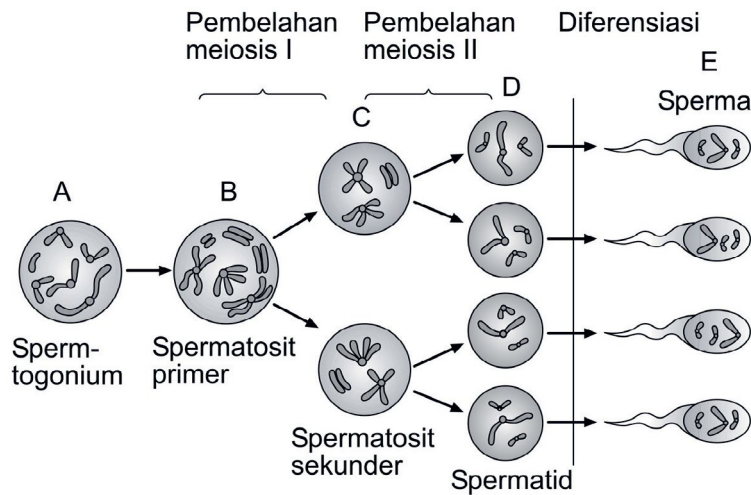
Gametogenesis adalah proses pembentukan sel gamet atau sel kelamin yang berlangsung di dalam organ reproduksi seksual. Gametogenesis dimulai dengan pembelahan mitosis. Tujuan pembelahan mitosis ini adalah untuk memperbanyak jumlah sel induk. Setelah pembelahan mitosis, masing-masing sel induk akan melakukan pembelahan meiosis. Pada manusia dan hewan tingkat tinggi, ada dua macam gametogenesis, yaitu spermatogenesis dan oogenesis.

1. Spermatogenesis

Spermatogenesis adalah proses pembentukan sel-sel spermatozoa atau sel gamet jantan. Proses ini terjadi di dalam organ testis dan saluran epididimis. Tahapan-tahapan dalam spermatogenesis adalah sebagai berikut.

- Sel induk sperma atau **spermatogonium** memperbanyak diri melalui pembelahan mitosis. Setiap sel spermatogonium bersifat diploid ($2n$) dengan susunan kromosom $22\text{ AA} + \text{XY}$.
- Spermatogonium kemudian membesar. Setelah itu, kromosom homolog membentuk sinapsis dan mengalami duplikasi sehingga terbentuk kromosom tetrad. Sel ini disebut **spermatisit primer** atau **spermatisit I** yang bersifat diploid.
- Spermatisit I mengalami pembelahan meiosis I membentuk dua sel anak yang disebut **spermatisit sekunder** atau **spermatisit II**. Spermatisit II bersifat haploid, tetapi kedua sel tersebut memiliki gonosom atau kromosom kelamin yang berbeda. Satu sel spermatisit II mengandung gonosom X dan sel spermatisit II lainnya mengandung gonosom Y. Susunan kromosom pada spermatisit II adalah $22\text{ A} + \text{X}$ atau $22\text{ A} + \text{Y}$.
- Kedua sel spermatisit II mengalami pembelahan meiosis II sehingga terbentuk empat sel anak haploid yang disebut **spermatid**. Proses pembelahan spermatogonium hingga membentuk spermatid berlangsung di dalam testis.
- Spermatid selanjutnya mengalami deferensiasi menjadi **sel-sel spermatozoa** yang haploid di dalam saluran epididimis. Dari seluruh sel spermatozoa yang dihasilkan, 50% mengandung gonosom X dan 50% mengandung gonosom Y. Oleh sebab itu, jika terjadi pembuahan atau fertilisasi, peluang mendapatkan keturunan laki-laki dan perempuan masing-masing adalah 50%.

Dengan demikian, pada spermatogenesis, setiap spermatisit primer akan menghasilkan empat buah sel spermatozoa yang fungsional. Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar proses spermatogenesis berikut.



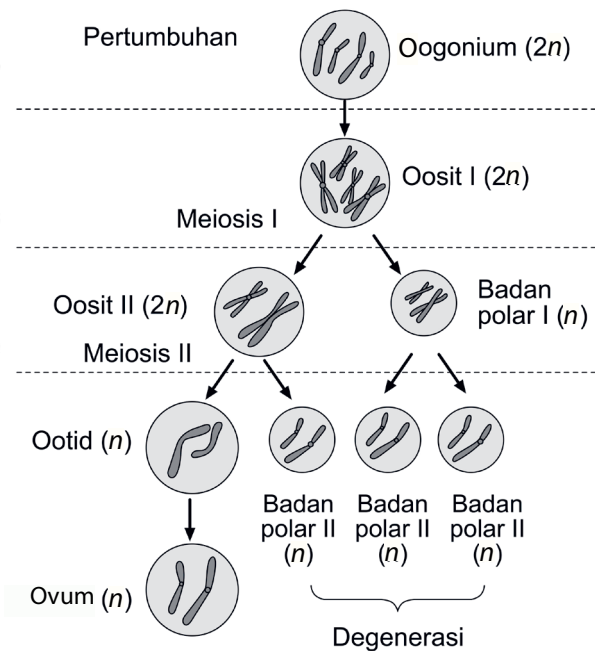
Gambar 4. Proses spermatogenesis

2. Oogenesis

Oogenesis adalah proses pembentukan sel ovum atau sel telur atau sel gamet betina. Proses ini terjadi di dalam organ ovarium dan saluran telur (oviduk). Tahapan-tahapan dalam oogenesis adalah sebagai berikut.

- Sel induk ovum atau **oogonium** memperbanyak diri melalui pembelahan mitosis. Setiap sel oogonium bersifat diploid ($2n$) dengan susunan kromosom $22\text{ AA} + \text{XX}$.
- Oogonium melalui pembelahan mitosis membentuk oosit primer atau **oosit I** yang bersifat diploid. Oosit primer kemudian membesar. Setelah itu, kromosom homolognya membentuk sinapsis dan mengalami duplikasi sehingga terbentuk kromosom tetrad.
- Oosit I mengalami pembelahan meiosis I membentuk dua sel anak yang berukuran tidak sama besar. Sel yang berukuran besar disebut **oosit sekunder** atau **oosit II**. Oosit II memiliki hampir seluruh sitoplasma dan kuning telur. Sementara sel yang berukuran kecil disebut **badan polar I** atau **badan kutub I**. Badan polar I hanya memiliki kuning telur saja. Oosit I dan badan polar I masing-masing memiliki kromosom haploid dengan susunan $22\text{ A} + \text{X}$.
- Oosit II dan badan polar I selanjutnya akan menuju ke saluran telur. Jika terjadi fertilisasi, oosit II dan badan polar I akan mengalami pembelahan meiosis II. Oosit II akan membelah tidak sama besar. Sel yang besar menjadi **ootid** dan sel yang kecil menjadi **badan polar II**. Badan polar I akan membelah menjadi dua sel badan polar II. Ootid kemudian akan mengalami pematangan menjadi ovum yang fungsional, sedangkan ketiga badan polar II akan mengalami degenerasi.

Dengan demikian, pada oogenesis, oosit primer akan menghasilkan satu buah ovum yang fungsional. Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar proses oogenesis berikut.



Gambar 5. Proses oogenesis



Contoh Soal 3

Pada peristiwa spermatogenesis, setiap sel spermatogonium akan membentuk

- A. 1 sperma fungsional dan 3 sperma degenerasi
- B. 2 sperma fungsional dan 2 sperma degenerasi
- C. 3 sperma fungsional
- D. 4 sperma fungsional
- E. 2 sperma fungsional

Jawaban: D

Penjelasan:

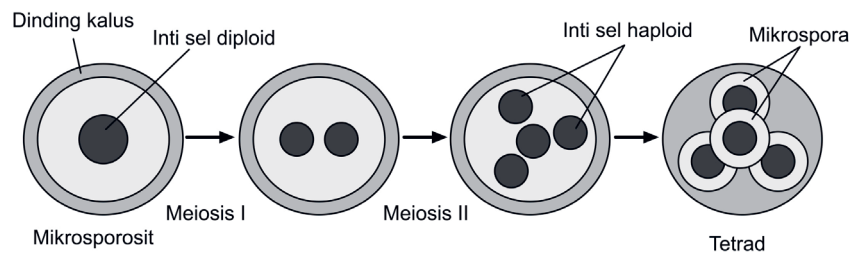
Sel spermatogonium akan tumbuh menjadi spermatosit primer. Spermatosit primer selanjutnya akan mengalami pembelahan meiosis I membentuk dua sel spermatosit sekunder. Setelah itu, melalui meiosis II, spermatosit sekunder akan membentuk empat sel spermatid. Keempat sel spermatid ini akan mengalami pematangan menjadi sperma yang fungsional.

Jadi, setiap sel spermatogonium akan membentuk empat sperma fungsional.

F. Mikrosporogenesis dan Mikrogametogenesis

1. Mikrosporogenesis

Mikrosporogenesis adalah proses pembentukan mikrospora atau serbuk sari yang merupakan alat reproduksi generatif pada tumbuhan. Proses ini berlangsung di dalam kepala sari (*anther*). Pada mikrosporogenesis, sel induk mikrospora atau **mikrosporosit** yang diploid akan mengalami pembelahan meiosis I dan meiosis II membentuk empat sel **mikrospora** yang haploid. Keempat sel mikrospora tersebut mula-mula saling melekat membentuk kelompok tetrad. Setelah itu, akan memisahkan diri jika sudah siap dikeluarkan dari kepala sari.

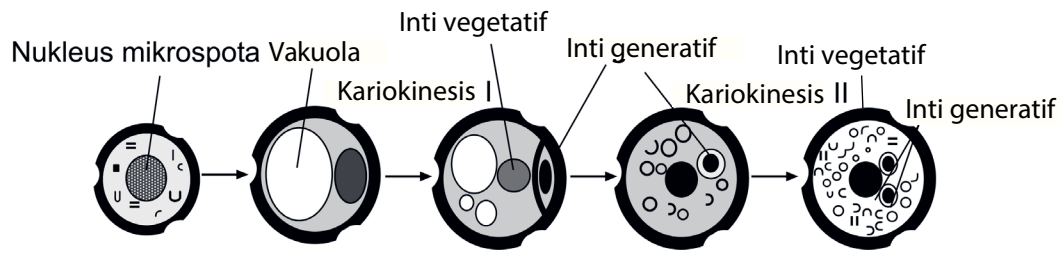


Gambar 6. Proses mikrosporogenesis

2. Mikrogametogenesis

Mikrogametogenesis merupakan proses pembentukan gamet jantan yang ada di dalam serbuk sari. Gamet yang dimaksud adalah inti sel serbuk sari yang nantinya akan membuahi ovum dan inti kandung lembaga sekunder pada bakal biji. Mikrogametogenesis berlangsung di dalam serbuk sari. Setelah itu, dilanjutkan di dalam buluh serbuk sari saat proses penyerbukan terjadi. Tahapan dalam mikrogametogenesis adalah sebagai berikut.

- Mula-mula, serbuk sari hanya memiliki satu inti yang terletak di bagian tepi sel. Setelah itu, inti sel mengalami proses kariokinesis atau pembelahan inti menjadi dua sel, yaitu inti generatif dan inti vegetatif. Inti generatif terletak di tepi sel, sedangkan inti vegetatif lebih di tengah.
- Inti generatif kemudian membelah menjadi dua, yaitu inti generatif 1 dan inti generatif 2. Kedua inti ini disebut juga **sel sperma**.
- Inti vegetatif berperan sebagai penunjuk jalan bagi kedua inti generatif untuk masuk ke dalam kantong embrio. Inti generatif 1 akan membuahi ovum, sedangkan inti generatif 2 akan membuahi inti kandung lembaga sekunder.



Gambar 7. Proses Mikrogametogenesis



Contoh Soal 4

Mikrosporogenesis pada angiospermae (tumbuhan berbiji tertutup) akan menghasilkan

- A. serbuk sari yang diploid
- B. serbuk sari yang haploid
- C. sel induk serbuk sari yang diploid
- D. sel induk serbuk sari yang haploid
- E. kepala sari (*anther*)

Jawaban: B

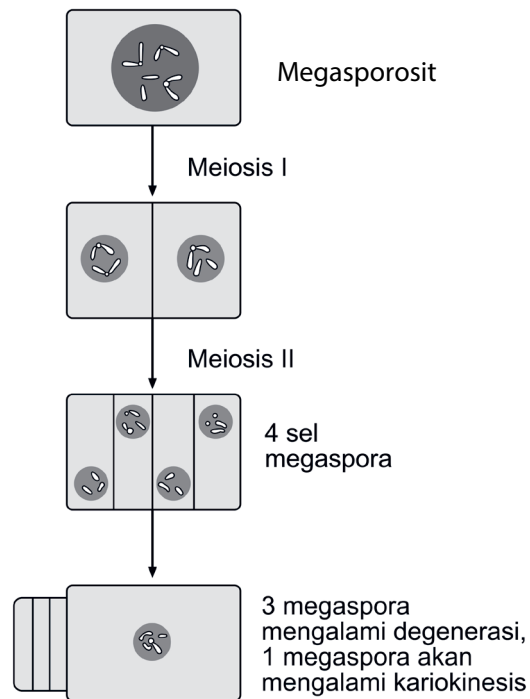
Penjelasan:

Mikrosporogenesis adalah proses pembentukan mikrospora atau serbuk sari yang berlangsung di dalam kepala sari (*anther*). Pada mikrosporogenesis, sel induk mikrospora yang diploid akan mengalami pembelahan meiosis I dan meiosis II membentuk empat sel mikrospora (serbuk sari) yang haploid.

G. Megasporogenesis dan Megagametogenesis

1. Megasporogenesis

Megasporogenesis adalah proses pembentukan megaspora atau bakal biji yang merupakan alat reproduksi generatif pada tumbuhan. Proses ini berlangsung di dalam bakal buah (ovarium). Pada megasporogenesis, sel induk megaspora atau **megasporosit** yang bersifat diploid akan mengalami pembelahan meiosis I dan meiosis II membentuk empat sel megaspora yang haploid. Tiga dari empat sel megaspora akan mati, sedangkan satu megaspora yang tersisa akan berkembang sempurna. Sel ini memiliki satu inti yang nantinya akan mengalami kariokinesis (pembelahan inti) di dalam tahap megagametogenesis.



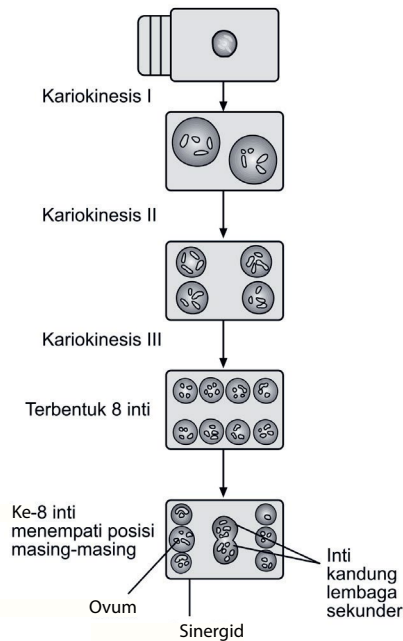
Gambar 8. Proses megasporogenesis

2. Megagametogenesis

Megagametogenesis merupakan proses pembentukan gamet betina yang ada di dalam bakal biji. Pada proses ini, inti megaspora akan mengalami pembelahan mitosis tiga kali berturut-turut tanpa diselingi dengan pembelahan sel. Pembelahan inti ini disebut juga **kariokinesis**. Tahapan dalam megagametogenesis adalah sebagai berikut.

- Inti megaspora mengalami kariokinesis I menjadi 2 inti.
- Kedua inti mengalami kariokinesis II menjadi 4 inti.
- Keempat inti mengalami kariokinesis III menjadi 8 inti.
- Inti yang berjumlah 8 akan mengalami perpindahan tempat atau migrasi menuju ke tiga tempat sebagai berikut.
 - Tiga inti menuju bagian atas (wilayah kalaza) dari bakal biji dan akan menjadi inti antipoda yang haploid.
 - Dua inti menuju bagian tengah dari bakal biji dan akan melebur membentuk inti kandung lembaga sekunder yang diploid.
 - Tiga inti lainnya akan menuju ke bawah (wilayah mikropil) dari bakal biji. Dari 3 inti ini, 2 inti akan menjadi inti sinergid dan 1 inti akan berkembang menjadi ovum. Sinergid dan ovum bersifat haploid.

- e. Pada pembuahan ganda, ovum akan dibuahi oleh inti generatif 1 membentuk zigot. Sementara itu, inti kandung lembaga sekunder akan dibuahi oleh inti generatif 2 membentuk endosperma. **Endosperma** adalah cadangan makanan pada biji.



Gambar 9. Proses Megagametogenesis



Contoh Soal 5

Megasporogenesis adalah

- A. proses pembentukan megaspora (bakal biji) melalui pembelahan meiosis di dalam bakal buah
- B. proses pembentukan megaspora (bakal biji) melalui pembelahan mitosis di dalam bakal buah
- C. proses pembentukan ovum di dalam bakal biji melalui pembelahan meiosis
- D. proses pembentukan inti kandung lembaga sekunder di dalam bakal biji melalui pembelahan meiosis
- E. proses pembentukan synergid di dalam bakal biji melalui pembelahan meiosis

Jawaban: A

Penjelasan:

Megasporogenesis adalah proses pembentukan megaspora (bakal biji) melalui pembelahan meiosis di dalam bakal buah. Pada proses ini, sel induk megaspora (megasporosit) akan mengalami pembelahan meiosis I dan meiosis II membentuk empat sel megaspora. Tiga sel akan mengalami degenerasi, sedangkan satu sel akan mengalami proses megagametogenesis pada inti selnya.