



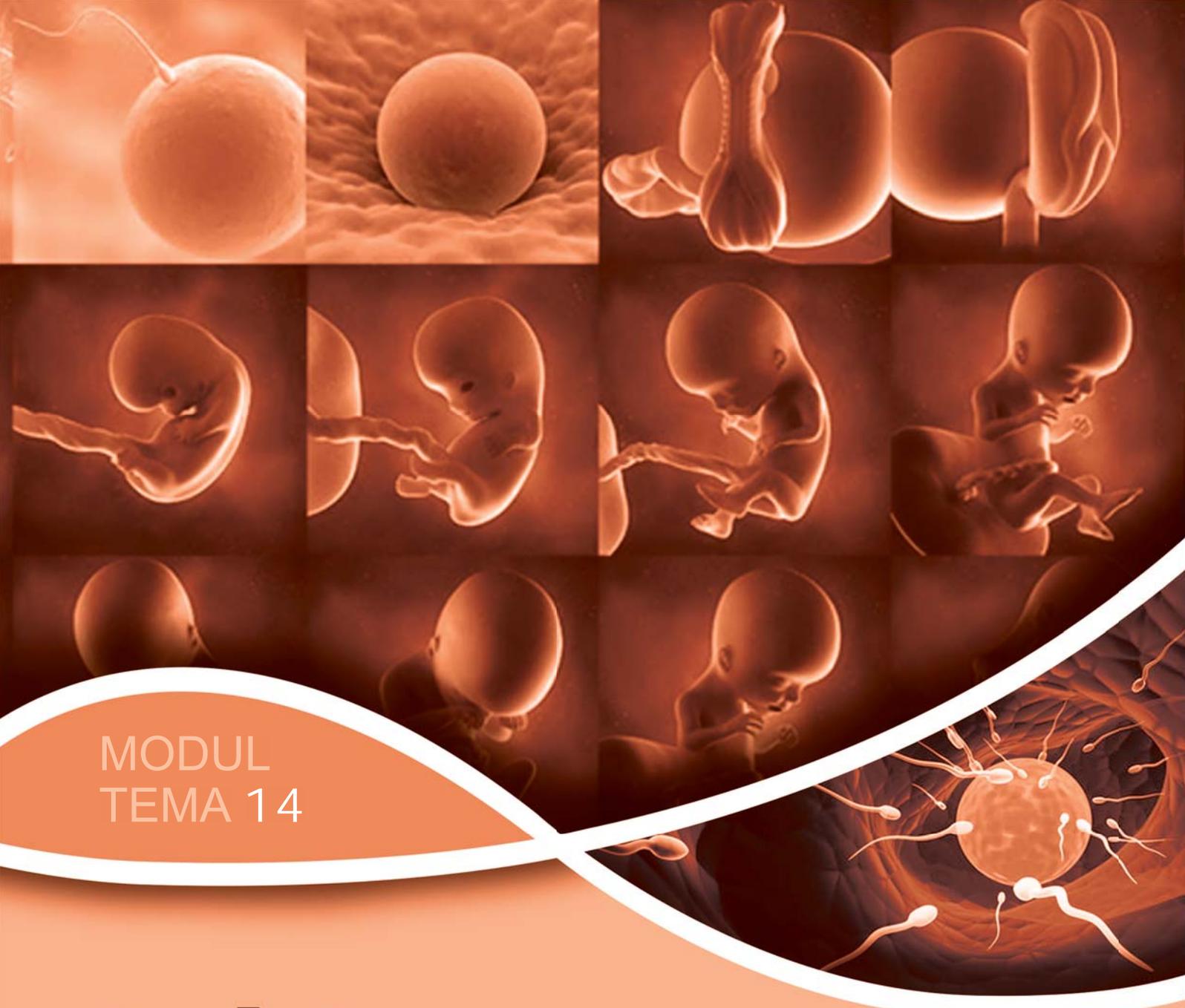
MODUL
TEMA 14

Sel Penyusun Makhluk Hidup

BIOLOGI PAKET C SETARA SMA/MA KELAS XII



Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Direktorat Jenderal PAUD, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah
Direktorat Pendidikan Masyarakat dan Pendidikan Khusus
Tahun 2020



MODUL
TEMA 14

Sel Penyusun Makhluk Hidup

BIOLOGI PAKET C SETARA SMA/MA KELAS XII



Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Direktorat Jenderal PAUD, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah
Direktorat Pendidikan Masyarakat dan Pendidikan Khusus
Tahun 2020

Biologi Paket C Setara SMA/MA Kelas XII
Modul Tema 14 : Sel Penyusun Makhluk Hidup

- **Penulis:** Harianto Baharuddin, S.Pd.; Idham Khalik Idrus, S.Pd.; Asep Koswara
- **Editor:** Dr. Samto; Dr. Subi Sudarto
Dra. Maria Listiyanti; Dra. Suci Paresti, M.Pd.; Apriyanti Wulandari, M.Pd.
- **Diterbitkan oleh:** Direktorat Pendidikan Masyarakat dan Pendidikan Khusus–Direktorat Jenderal Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah–Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

iv+ 40 hlm + ilustrasi + foto; 21 x 28,5 cm

Kata Pengantar

Pendidikan kesetaraan sebagai pendidikan alternatif memberikan layanan kepada masyarakat yang karena kondisi geografis, sosial budaya, ekonomi dan psikologis tidak berkesempatan mengikuti pendidikan dasar dan menengah di jalur pendidikan formal. Kurikulum pendidikan kesetaraan dikembangkan mengacu pada kurikulum 2013 pendidikan dasar dan menengah hasil revisi berdasarkan peraturan Mendikbud No.24 tahun 2016. Proses adaptasi kurikulum 2013 ke dalam kurikulum pendidikan kesetaraan adalah melalui proses kontekstualisasi dan fungsionalisasi dari masing-masing kompetensi dasar, sehingga peserta didik memahami makna dari setiap kompetensi yang dipelajari.

Pembelajaran pendidikan kesetaraan menggunakan prinsip flexible learning sesuai dengan karakteristik peserta didik kesetaraan. Penerapan prinsip pembelajaran tersebut menggunakan sistem pembelajaran modular dimana peserta didik memiliki kebebasan dalam penyelesaian tiap modul yang di sajikan. Konsekuensi dari sistem tersebut adalah perlunya disusun modul pembelajaran pendidikan kesetaraan yang memungkinkan peserta didik untuk belajar dan melakukan evaluasi ketuntasan secara mandiri.

Tahun 2017 Direktorat Pembinaan Pendidikan Keaksaraan dan Kesetaraan, Direktorat Jendral Pendidikan Anak Usia Dini dan Pendidikan Masyarakat mengembangkan modul pembelajaran pendidikan kesetaraan dengan melibatkan Pusat Kurikulum dan Perbukuan Kemdikbud, para akademisi, pamong belajar, guru dan tutor pendidikan kesetaraan. Modul pendidikan kesetaraan disediakan mulai paket A tingkat kompetensi 2 (kelas 4 Paket A). Sedangkan untuk peserta didik Paket A usia sekolah, modul tingkat kompetensi 1 (Paket A setara SD kelas 1-3) menggunakan buku pelajaran Sekolah Dasar kelas 1-3, karena mereka masih memerlukan banyak bimbingan guru/tutor dan belum bisa belajar secara mandiri.

Kami mengucapkan terimakasih atas partisipasi dari Pusat Kurikulum dan Perbukuan Kemdikbud, para akademisi, pamong belajar, guru, tutor pendidikan kesetaraan dan semua pihak yang telah berpartisipasi dalam penyusunan modul ini.

Jakarta, 1 Juli 2020
Plt. Direktur Jenderal

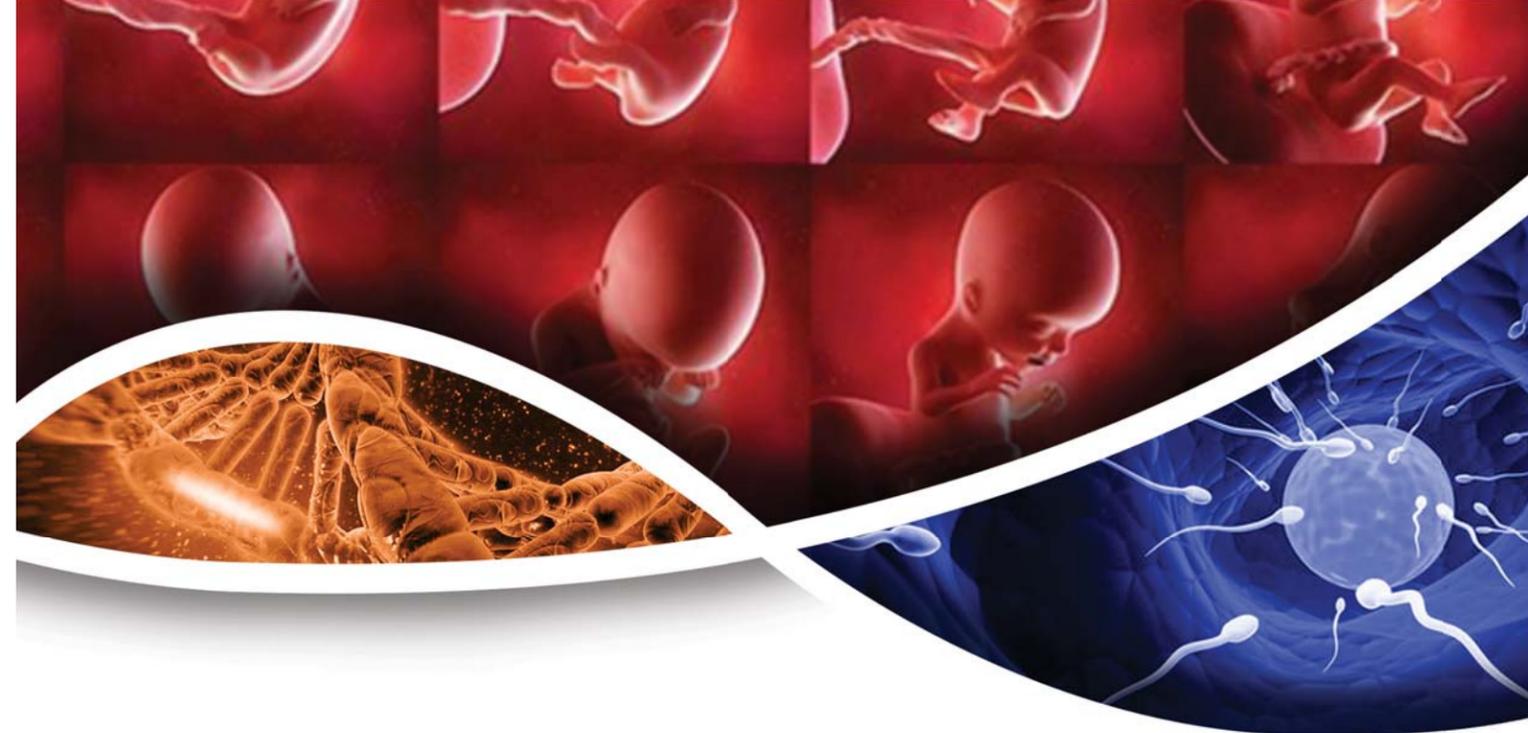


Hamid Muhammad

Modul Dinamis: Modul ini merupakan salah satu contoh bahan ajar pendidikan kesetaraan yang berbasis pada kompetensi inti dan kompetensi dasar dan didesain sesuai kurikulum 2013. Sehingga modul ini merupakan dokumen yang bersifat dinamis dan terbuka lebar sesuai dengan kebutuhan dan kondisi daerah masing-masing, namun merujuk pada tercapainya standar kompetensi dasar.

Daftar Isi

Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
Petunjuk Penggunaan Modul	1
Tujuan Pembelajaran Modul	2
Pengantar Modul	2
Unit 1. Pembelahan pada Sel-sel Tubuh	3
Uraian Materi	3
A. Pembelahan Sel	3
B. Siklus Sel	4
C. Pembelahan Mitosis	5
Penugasan Unit 1	9
Unit 2. Pembelahan pada Sel-sel Kelamin	11
Uraian Materi	11
A. Pembelahan Meiosis	11
B. Gametogenesis	15
Penugasan Unit 2	18
Rangkuman	19
Latihan Soal	20
Kriteria Pindah Modul.....	25
Kriteria penilaian	26
Kunci Jawaban dan Pembahasan	29
Saran Referensi	34
Daftar Pustaka	34
Sumber Gambar	35
Glosarium	35
Profil Penulis	38



Sel Penyusun Makhluk Hidup



Petunjuk Penggunaan Modul

Modul ini berjudul “Sel Penyusun Makhluk Hidup”. Sebelum mempelajari modul ini, perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Belajar dengan modul ini, keberhasilannya tergantung dari ketekunan Anda dalam memahami langkah-langkah belajarnya.
2. Belajar dengan modul ini dapat dilakukan secara mandiri atau kelompok.
3. Perhatikan petunjuk belajar berikut ini:
 - a. Usahakan Anda memiliki modul sebagai bahan utama dalam memahami materi
 - b. Baca dan pahami benar-benar tujuan yang terdapat dalam modul ini.
 - c. Bacalah dengan cermat sampai bagian pengantar hingga Anda memahami secara tuntas tentang apa, untuk apa dan bagaimana mempelajari modul ini.
 - d. Bila Anda mengalami kesulitan dalam mempelajari modul ini, diskusikan dengan teman atau tanyakan pada tutor saat tatap muka.
 - e. Untuk memperluas wawasan, baca dan pelajari sumber-sumber lain yang relevan.
 - f. Mantapkan pemahaman Anda dengan mengerjakan tugas yang ada dalam modul ini dan perhatikan rubrik penilaiannya.

UNIT 1

PEMBELAHAN PADA SEL-SEL TUBUH

Uraian Materi

Kata Kunci

- Amitosis
- Anafase
- Interfase
- Metafase
- Mitosis
- Profase
- Siklus sel
- Sitokinesis
- Telofase



Sumber: anelernediyor.com

Gambar 1. Proses Pertumbuhan Zigot menjadi Janin Melibatkan Proses Pembelahan Sel

A. Pembelahan Sel

Perhatikan gambar di atas, dulunya manusia berawal dari satu sel yang dinamakan zigot kemudian zigot terus mengalami pembelahan menjadi dua, empat, hingga akhirnya menjadi jutaan sel ketika sudah membentuk janin. Sel memiliki kemampuan untuk membelah. Pertumbuhan dan perkembangan pada makhluk hidup terjadi oleh aktivitas pembelahan sel. Pembelahan sel terjadi ketika makhluk hidup mengalami pertumbuhan, perkembangbiakan, dan mengganti sel-sel matinya. Sel induk yang membelah akan mewariskan sifat-sifat genetiknya kepada sel-sel anaknya.

- Jangan lewatkan untuk menjawab soal-soal latihan didalam modul ini.
- Periksalah hasil latihan Anda dengan mencocokkan pada kunci jawaban yang tersedia. Bila ada jawaban yang belum benar, pelajari lagi materi yang bersangkutan.
- Bila dalam tes akhir modul Anda dapat mencapai nilai 70, maka Anda dapat melanjutkan untuk mempelajari modul berikutnya.

Modul ini merupakan salah satu sumber belajar, sehingga sangat disarankan untuk membaca referensi lain yang berkaitan dengan materi pembelajaran. Referensi-referensi bacaan yang terkait materi pembelajaran beberapa dicantumkan pada modul ini, yang dapat dicari di perpustakaan atau website. Hal ini dimaksudkan untuk memperluas wacana pengetahuan Anda. Modul ini dirancang atas 2 (dua) unit yang hendaknya dipelajari mulai dari unit pertama dilanjutkan unit kedua secara berurutan. Setiap unit memuat uraian materi dan penugasan yang dapat melatih Anda untuk berpikir kritis dan kreatif dalam menyelesaikan masalah. Selain itu, di dalam modul ini juga memuat penilaian untuk mengetahui pemahaman Anda terhadap modul secara bertahap.

Tujuan Pembelajaran Modul

Setelah mempelajari modul ini, Anda diharapkan mampu:

- Menjelaskan tentang pembelahan pada sel-sel tubuh makhluk hidup
- Menjelaskan tentang pembelahan pada sel-sel kelamin (gamet) makhluk hidup

Pengantar Modul

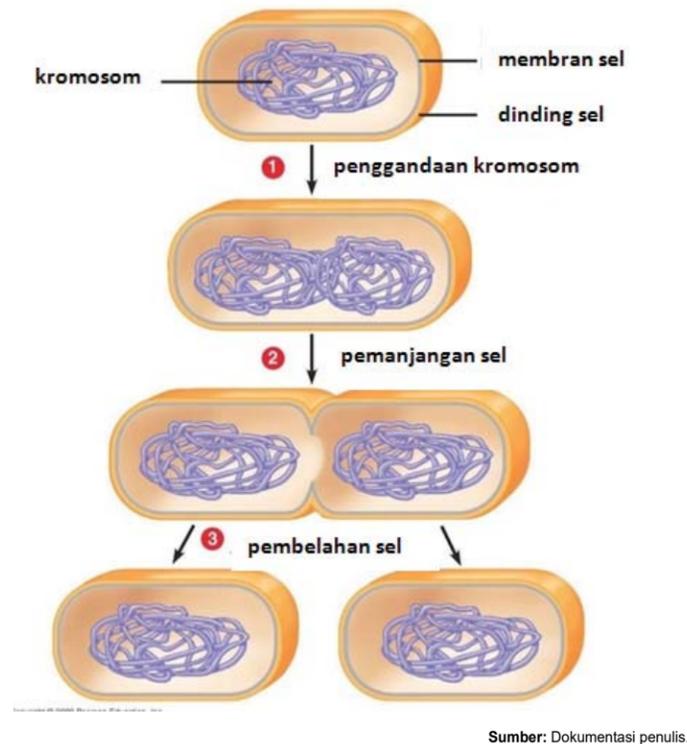
Modul mengenai Sel Penyusun Makhluk Hidup, didalamnya membahas 2 (dua) unit materi, yaitu: Unit 1 mengenai Pembelahan pada Sel-sel Tubuh, di dalamnya menguraikan tentang pembelahan sel, siklus sel, dan pembelahan mitosis. Unit 2 mengenai Pembelahan pada Sel-sel Kelamin (gamet), di dalamnya membahas tentang pembelahan meiosis, dan gametogenesis.

Modul ini dilengkapi dengan uraian materi, penugasan, rangkuman materi dan Latihan soal untuk membantu Anda lebih memahami konsep, memicu untuk berpikir kritis dan kreatif dalam menyelesaikan masalah. Selain itu, modul ini juga dilengkapi dengan penilaian untuk mengetahui pemahaman Anda terhadap modul secara bertahap.

Pembelahan sel dibedakan menjadi 2 (dua) macam, yaitu:

1. Pembelahan Amitotik

Pembelahan amitotik terjadi secara langsung tanpa melalui tahapan tertentu. Satu sel membelah langsung membelah menjadi dua sel. Organisme yang melakukan pembelahan amitotik adalah bakteri.



Gambar 2. Pembelahan Amitosis pada Bakteri

2. Pembelahan Mitotik

Pembelahan mitotik terjadi secara tidak langsung dan melalui tahapan tertentu. Pembelahan ini meliputi pembelahan mitosis yang terjadi pada sel-sel tubuh dan pembelahan meiosis yang terjadi pada sel-sel gamet.

B. Siklus Sel

Siklus sel dalam sehari terjadi secara bergantian yang terdiri atas dua tahap, yaitu:

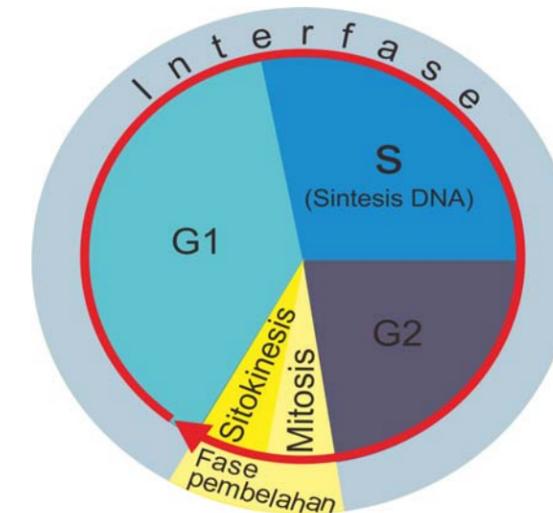
1. Tahap Interfase

Tahap ini disebut juga fase istirahat berupa persiapan sel menuju pembelahan. Interfase berlangsung hingga 23 jam dan terdiri atas 3 (tiga) fase (lihat gambar 3):

c. **Fase G₁ (Gap 1)**, sel mengalami pertumbuhan menjadi lebih besar.

d. **Fase S (Sintetik)**, terjadi sintesis DNA dan replikasi DNA.

e. **Fase G₂ (Gap 2)**, sel mengalami pertumbuhan kembali dan terjadi pembentukan organel-organel sel. Pada interfase akhir, sel sudah memiliki nukleus yang mengandung kromatin.



Sumber: <http://biologi-sel.com>.

Gambar 3. Diagram Siklus Sel

2. Tahap Mitotik

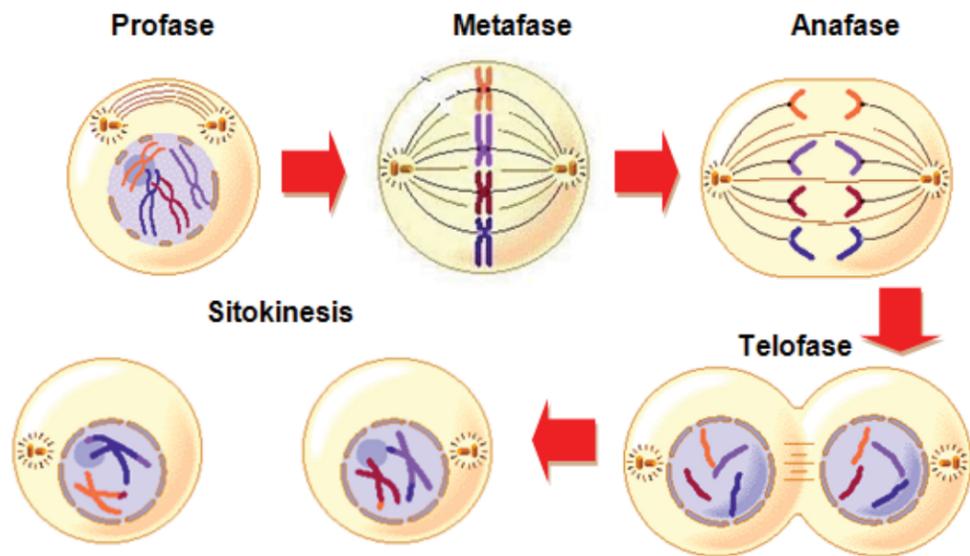
Tahap ini disebut juga fase pembelahan. Terjadi pembelahan nukleus melalui tahapan profase, metafase, anafase, telofase, dan diikuti sitokinesis (pembelahan sitoplasma). Fase ini berlangsung singkat sekitar 1 jam.

C. Pembelahan Mitosis

Ciri-ciri pembelahan mitosis adalah sebagai berikut:

1. Terjadi pada sel-sel tubuh (sel somatik).
2. Bertujuan memperbanyak jumlah sel untuk pertumbuhan, perkembangan, dan mengganti sel-sel mati.
3. Mengalami satu kali pembelahan.
4. Menghasilkan dua sel anakan yang bersifat diploid (2n) dan identik dengan sel induk.

Pembelahan mitosis terdiri atas lima fase, yaitu profase, metafase, anafase, telofase, dan diakhiri sitokinesis. Cermatilah gambar tahapan pembelahan mitosis dan identifikasilah ciri khas setiap tahapan pada gambar 4!



Sumber: Dokumentasi penulis

Gambar 4. Pembelahan Mitosis

Untuk lebih jelasnya, tahap-tahap pembelahan mitosis akan dijelaskan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Tahapan Pembelahan Mitosis

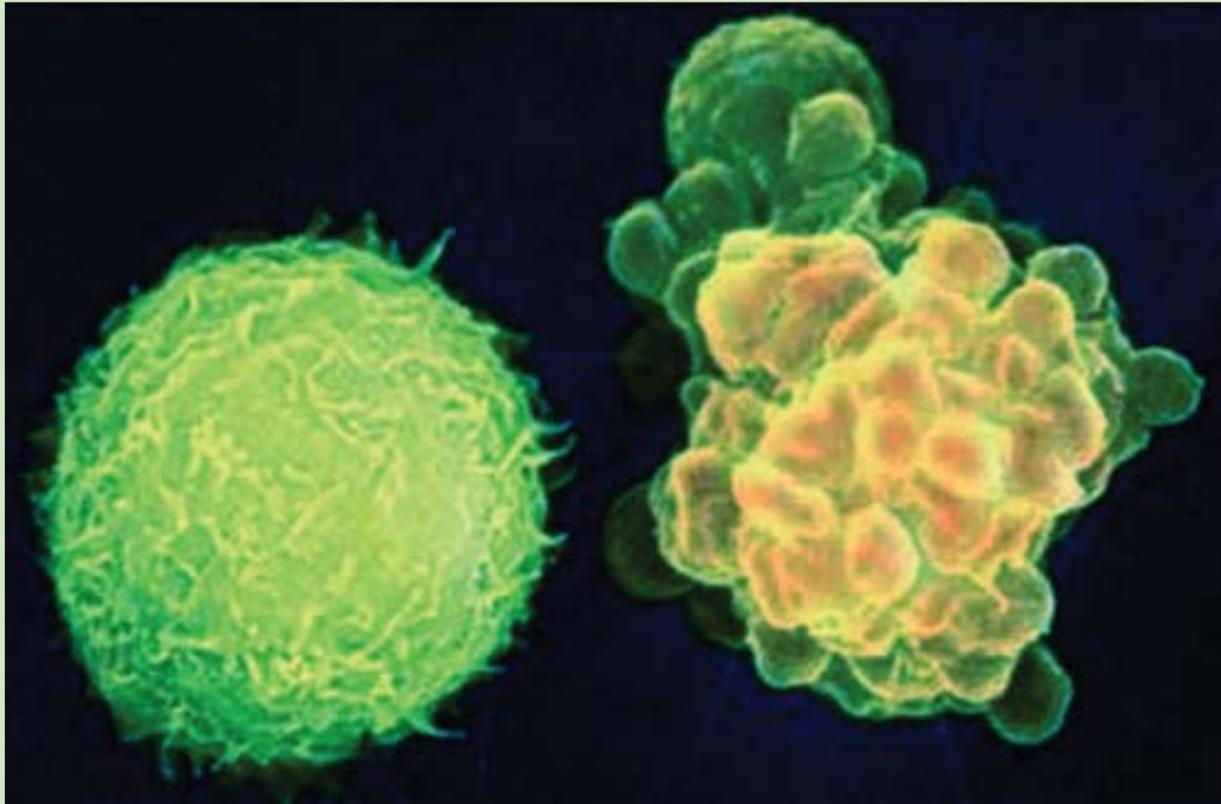
Gambar Fase	Tahapan
<p>Labels: membran inti, kromatin, sentrosom, nukleus</p> <p>sel induk awal (2n)</p>	
	<p>Profase</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kromatin membentuk kromosom kemudian membentuk kromatid • Sentrosom membelah menjadi dua sentriol yang menuju kutub berlawanan • Membran inti mulai menghilang

Gambar Fase	Tahapan
	<p>Metafase</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nukleus sudah menghilang • Kromatid berjajar di ekuator (bidang pembelahan) • Kedua sentriol menjulurkan benang-benang spindel yang berikatan dengan tiap kromatid
	<p>Anafase</p> <ul style="list-style-type: none"> • Terjadi kariokinesis (pembelahan inti) • Kromatid memisah menjadi kromosom • Setiap kromosom ditarik menuju kutub masing-masing
	<p>Telofase</p> <ul style="list-style-type: none"> • Membran inti mulai terbentuk kembali • Sentriol kembali menjadi sentromer • Terjadi sitokinesis (pembelahan sel) yang diawali dengan pelekukan ke dalam sel (pada sel hewan) atau pelekukan ke luar sel dengan membentuk pelat sel (pada sel tumbuhan)
	<p>Sitokinesis</p> <ul style="list-style-type: none"> • Terbentuk dua sel anakan yang bersifat diploid • Nukleus sudah terbentuk kembali • Kromosom kembali menjadi kromatin

Sumber: <http://materi78.wordpress.com>

Anda telah mempelajari tahap-tahap pembelahan mitosis. Untuk lebih mudah memahaminya berdasarkan gambar, Anda perlu mengingat ciri khas setiap tahap, misalnya metafase diri dengan posisi kromatid yang berjajar di tengah.

BIOINFO : Kematian Terkontrol pada Sel



Gambar 5. Apoptosis pada Sel

Sumber: <http://www.nephrology-uni-kiel.com>

Dalam siklus kehidupannya, sel akan mengalami kematian. Mekanisme kematian pada sel dibedakan atas nekrosis dan apoptosis. Nekrosis adalah bentuk kematian sel akibat sel yang terluka akut sehingga mengalami pemecahan. Apoptosis adalah mekanisme kematian sel yang terprogram. Ketika ada sel yang mengalami kerusakan fisik atau genetik, mencapai umur/tua, terinfeksi virus, hingga ada indikasi sel kanker secara otomatis sel tersebut akan melakukan bunuh diri atau dihancurkan.

Pada orang dewasa, jumlah sel dalam suatu organ atau jaringan harus bersifat konstan pada kisaran tertentu. Misalnya, sel-sel kulit selalu diperbarui dengan pembelahan diri sel-sel progenitornya, tetapi pembelahan diri tersebut harus dikompensasikan dengan kematian sel yang tua. Diperkirakan 50-70 milyar sel mati setiap harinya karena apoptosis pada manusia dewasa.

PENUGASAN 1

Mengidentifikasi Pembelahan Mitosis pada Sel Hewan dan Sel Tumbuhan

❖ Tujuan

Anda diharapkan mampu:

- Mengidentifikasi tahapan pembelahan mitosis pada gambar hasil pengamatan pembelahan sel-sel bawang
- Membedakan pembelahan mitosis pada sel hewan dan sel tumbuhan

❖ Media

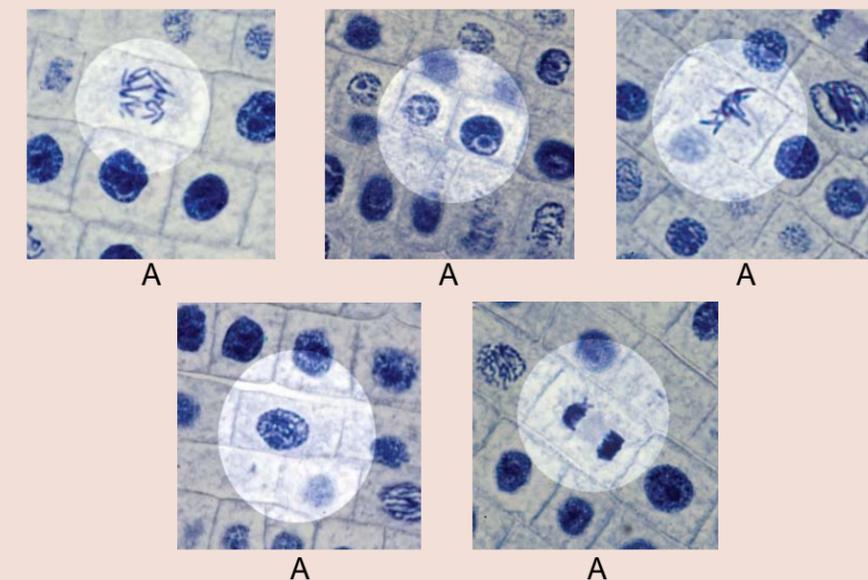
- Alat tulis
- Kertas/lembar jawaban
- Buku/sumber lain yang mendukung

❖ Langkah Penugasan

- Lakukanlah kajian pustaka pada berbagai sumber atau bertanya kepada tutor untuk membantu menyelesaikan tugas
- Amatilah setiap gambar dengan cermat.
- Jawablah pertanyaan dan tuliskan jawaban pada lembar jawaban
- Kumpulkan lembar jawaban Anda kepada tutor

Pembelahan Mitosis pada Sel-sel Akar Bawang Merah

Cermatilah gambar-gambar berikut sebelum menjawab pertanyaan!



Sumber: <http://www.microscopy-uk.org.uk>

Gambar 6. Pembelahan Mitosis pada Sel Akar Bawang Merah

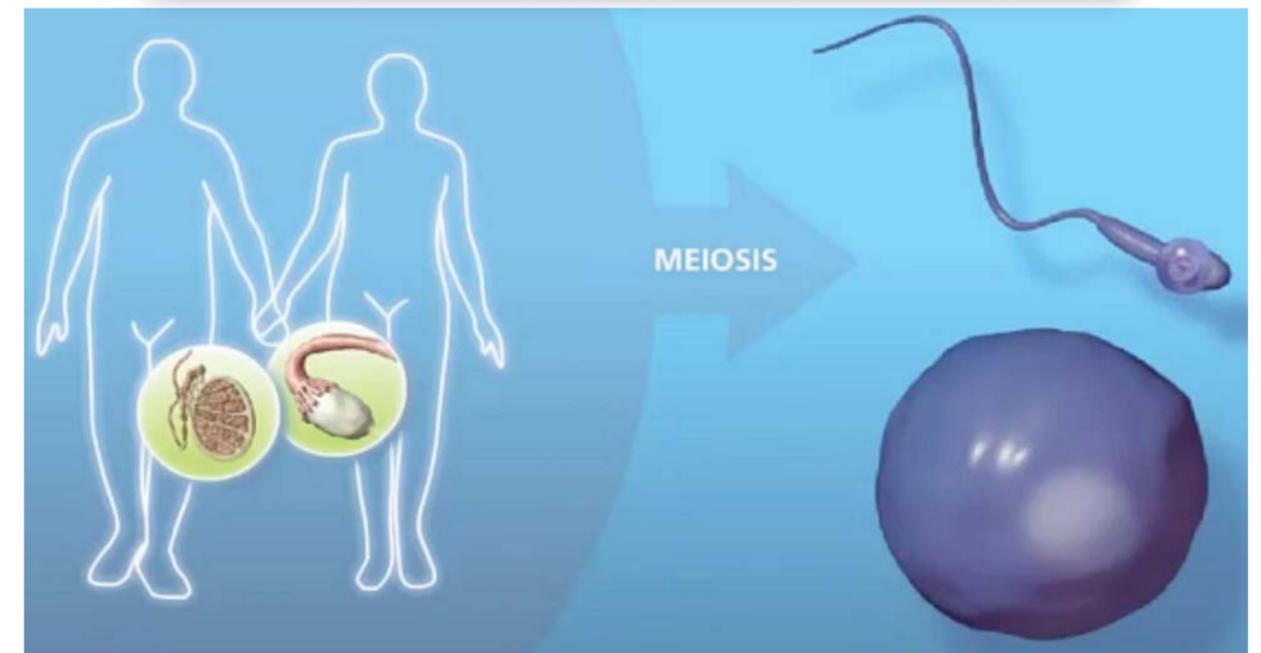
UNIT 2

PEMBELAHAN PADA SEL-SEL KELAMIN

Uraian Materi

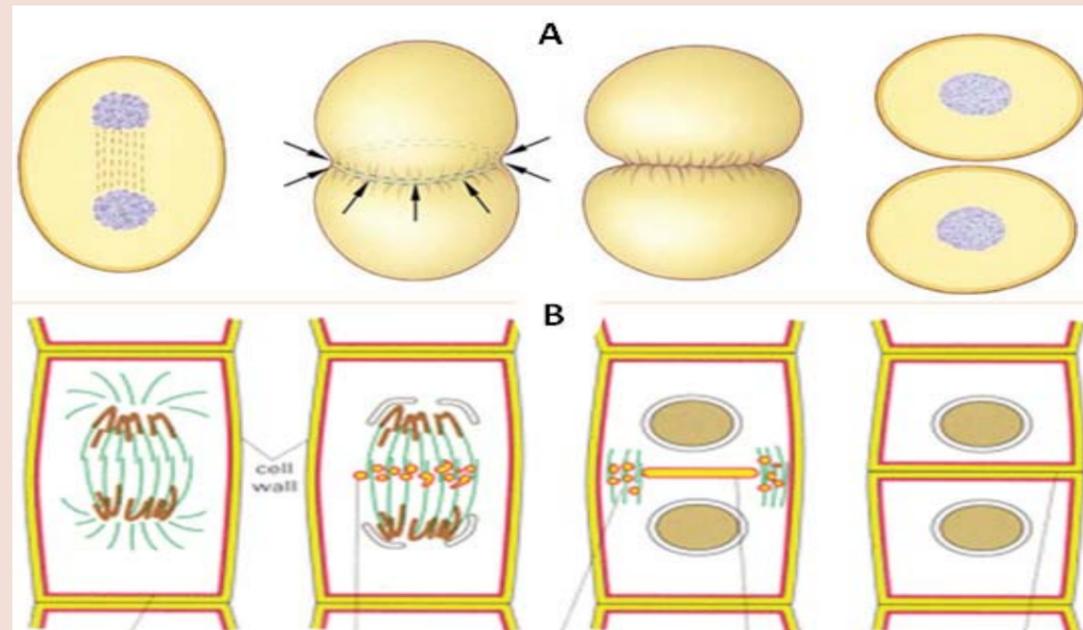
Kata Kunci

- Anafase
- Gametogenesis
- Interfase
- Metafase
- Meiosis I
- Meiosis II
- Profase
- Sitokinesis
- Telofase



Gambar 8. Meiosis pada Pembentukan Gamet

Sumber: Dokumentasi penulis.



Gambar 7. Pembelahan pada Sel: (A) Sel Hewan, (B) Sel Tumbuhan

1. Tahapan pada pembelahan mitosis terdiri atas profase, metafase, anafase, telofase, dan diakhiri sitokinesis. Cermatilah gambar 6 di atas kemudian tentukanlah fase atau proses yang terjadi pada bagian yang ditunjukkan oleh gambar A, B, C, D, dan E!
2. Jelaskan ciri-ciri khusus yang terdapat pada setiap tahap pembelahan sel-sel akar bawang pada gambar 6!
3. Cermatilah gambar 7 di atas kemudian jelaskan perbedaan pembelahan mitosis pada sel hewan dan sel tumbuhan!

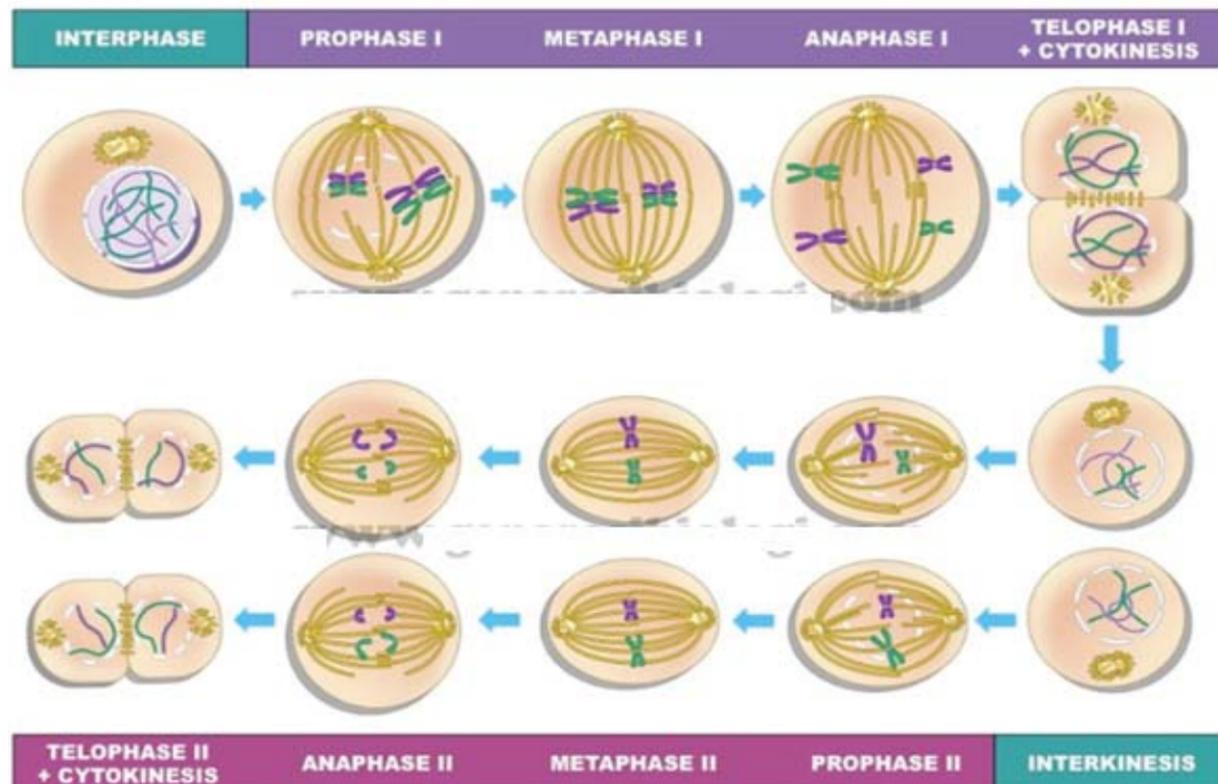
A. Pembelahan Meiosis

Pembentukan gamet (sel kelamin) pada manusia terjadi melalui pembelahan meiosis. Pembelahan meiosis disebut juga **pembelahan reduktif** karena mengurangi jumlah kromosom pada sel anakan. Sperma dan ovum masing-masing mengandung 23 kromosom.

Ciri-ciri pembelahan meiosis adalah sebagai berikut:

1. Terjadi pada sel-sel gamet (sel kelamin)
2. Bertujuan untuk menghasilkan gamet melalui gametogenesis (pembentukan gamet)
3. Mengalami dua kali pembelahan
4. Menghasilkan empat sel anakan yang bersifat haploid (n) dan berbeda dengan sel induk.

Amatilah gambar proses pembelahan meiosis berikut dan cobalah jelaskan proses yang terjadi pada setiap tahap berdasarkan hasil pengamatan Anda!

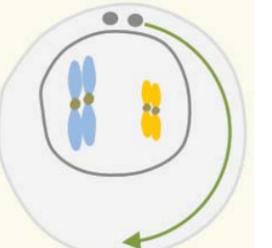


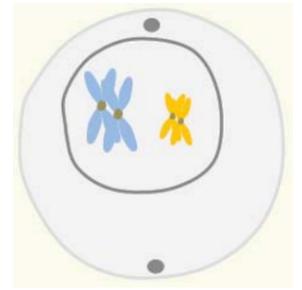
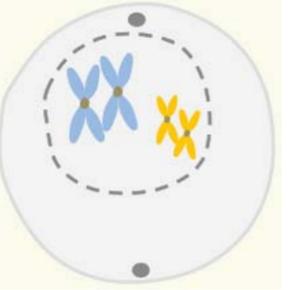
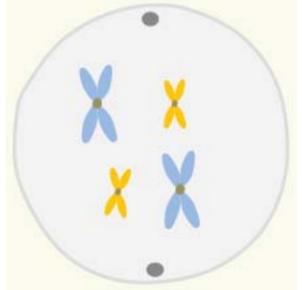
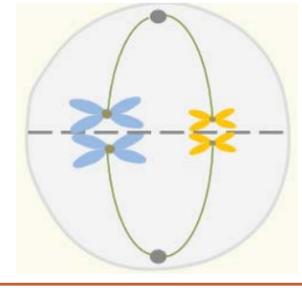
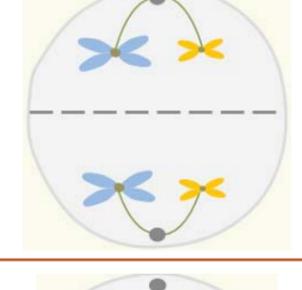
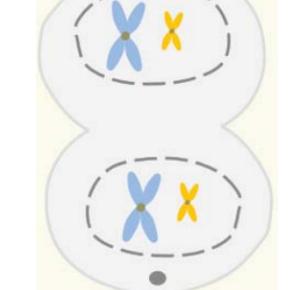
Sumber: <http://generasiologi.com>

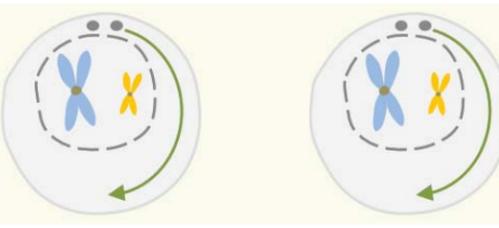
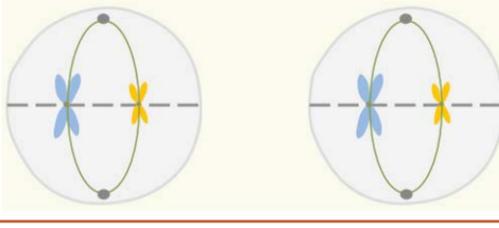
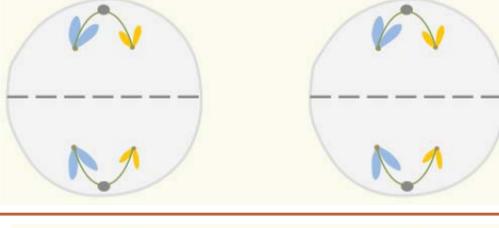
Gambar 9. Pembelahan Meiosis

Pembelahan meiosis terdiri atas meiosis I dan meiosis II, masing-masing melalui profase, metafase, anafase, dan telofase. Penjelasan mengenai tahap-tahap pembelahan meiosis akan dijelaskan pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2. Tahapan Pembelahan Meiosis

MEIOSIS I		
		
<p>Profase I, terdiri atas 5 tahap, yaitu:</p> <ol style="list-style-type: none"> Leptoten <ul style="list-style-type: none"> Kromatin membentuk kromosom Zigoten <ul style="list-style-type: none"> Kromosom homolog saling berdekatan dan berpasangan membentuk sinapsis Sentrosom membelah menjadi dua sentriol dan menuju kutub berlawanan 		

MEIOSIS I	
	
	
<ol style="list-style-type: none"> Pakiten <ul style="list-style-type: none"> Setiap kromosom homolog berduplikasi menjadi dua kromatid dan membentuk kompleks empat kromatid atau tetrad (bivalen) Terjadi pindah silang (<i>crossing over</i>) pada bagian kromosom yang saling menempel (kiasma). Peristiwa ini menyebabkan adanya variasi genetik pada sel-sel gamet yang akan dihasilkan. Diploten <ul style="list-style-type: none"> Pasangan kromosom homolog saling menjauh Membran inti mulai menghilang Diakinesis <ul style="list-style-type: none"> Pasangan kromosom homolog sudah berpisah Nukleus sudah menghilang 	
MEIOSIS I	
	<p>Metafase I</p> <ul style="list-style-type: none"> Kromosom homolog saling berhadapan di bidang ekuator Sentriol menjulurkan benang-benang spindel Benang spindel berikatan dengan tiap kromosom homolog
	<p>Anafase I</p> <ul style="list-style-type: none"> Terjadi kariokinesis (pembelahan inti) Kromosom diploid (2n) terbagi menjadi dua kromosom haploid (n) dan kromosom haploid terdiri atas sepasang kromatid Pasangan kromosom homolog memisah dan ditarik menuju kutub masing-masing
	<p>Telofase I</p> <ul style="list-style-type: none"> Membran inti mulai terbentuk kembali Sentriol kembali menjadi sentromer Terjadi sitokinesis (pembelahan sel) yang diawali dengan pelekukan ke dalam sel

MEIOSIS I	
	<p>Sitokinesis I</p> <ul style="list-style-type: none"> • Terbentuk dua sel anakan yang bersifat haploid • Nukleus sudah terbentuk kembali • Kromosom kembali menjadi kromatin
MEIOSIS II	
	<p>Profase II</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kromatin membentuk kromosom kemudian membentuk kromatid • Sentrosom membelah menjadi dua sentriol yang menuju kutub berlawanan • Membran inti mulai menghilang
	<p>Metafase II</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nukleus sudah menghilang • Kromatid berjajar di ekuator (bidang pembelahan) • Kedua sentriol menjulurkan benang-benang spindel yang berikatan dengan tiap kromatid
	<p>Anafase II</p> <ul style="list-style-type: none"> • Terjadi kariokinesis (pembelahan inti) • Pasangan kromatid memisah dan ditarik menuju kutub masing-masing
	<p>Telofase II</p> <ul style="list-style-type: none"> • Membran inti mulai terbentuk kembali • Sentriol kembali menjadi sentromer • Terjadi sitokinesis (pembelahan sel) yang diawali dengan pelekukan ke dalam sel
	<p>Sitokinesis I</p> <ul style="list-style-type: none"> • Terbentuk empat sel anakan yang bersifat haploid • Nukleus sudah terbentuk kembali • Kromosom kembali menjadi kromatin

Sumber: <http://materi78.wordpress.com>

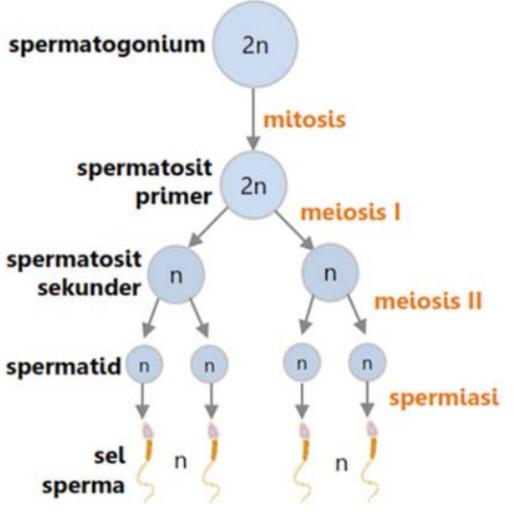
B. Gametogenesis

Gametogenesis merupakan proses pembentukan sel kelamin, yaitu gamet jantan dan gamet betina. Gametogenesis pada manusia dan hewan terdiri dari spermatogenesis dan oogenesis. Gametogenesis pada tumbuhan terdiri dari mikrosporogenesis dan megasporogenesis.

1. Spermatogenesis

Spermatogenesis adalah proses pembentukan spermatozoa pada testis. Tahapan spermatogenesis adalah sebagai berikut:

- **Spermatogonium** ($2n$) mengalami pembelahan mitosis menjadi **spermatosit primer** ($2n$).
- Spermatosit primer mengalami pembelahan meiosis I menjadi dua **spermatosit sekunder** (n).
- Kedua spermatosit sekunder mengalami pembelahan meiosis II menjadi empat **spermatid** (n).
- Keempat spermatid mengalami pematangan menjadi **spermatozoa** (n) yang fungsional. Selanjutnya spermatozoa mengalami **spermiasi** (pelepasan).

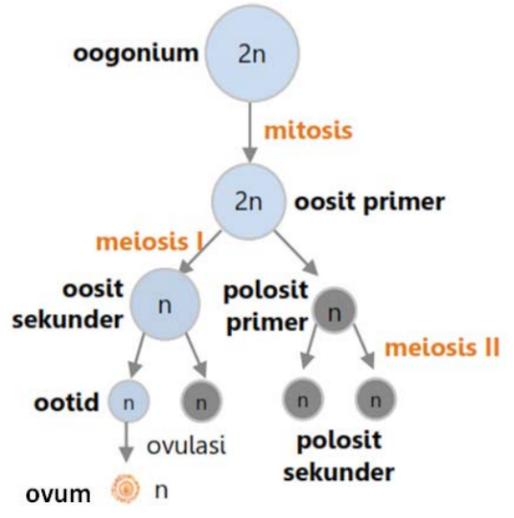


Sumber: <http://materi78.wordpress.com>
Gambar 10. Spermatogenesis

2. Oogenesis

Oogenesis merupakan proses pembentukan ovum pada ovarium. Tahapan oogenesis adalah sebagai berikut:

- **Oogonium** ($2n$) mengalami pembelahan mitosis menjadi **oosit primer** ($2n$). Tahap ini sudah berlangsung sejak masih di dalam kandungan hingga sebelum masuk masa pubertas.
- Oosit primer mengalami pembelahan meiosis I menjadi dua sel berbeda ukuran, yaitu satu **oosit sekunder** (n) dan satu **polosit primer** (n). Tahap ini terjadi setelah mencapai masa pubertas.



Sumber: <http://materi78.wordpress.com>
Gambar 11. Oogenesis

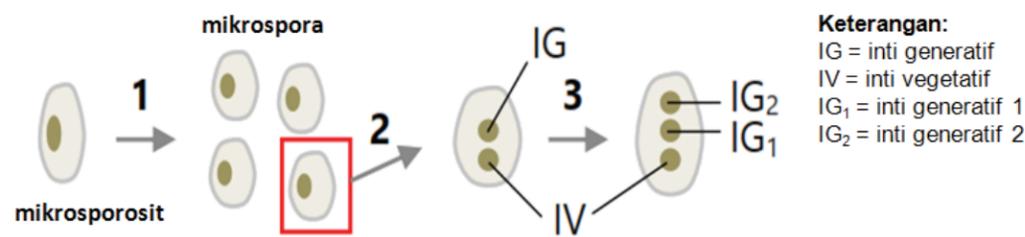
- Oosit sekunder mengalami meiosis II
- menjadi dua sel berbeda ukuran, yaitu satu **ootid** (n) dan satu **polosit sekunder** (n). Sedangkan **polosit primer** juga mengalami meiosis II menjadi dua **polosit sekunder** (n). Terjadi setelah ovulasi dan fertilisasi berlangsung.
- Ootid mengalami pematangan menjadi **ovum** (n)

Sebelum mempelajari lebih lanjut mengenai gametogenesis pada tumbuhan, perlu Anda ketahui bahwa pada modul ini hanya membahas gametogenesis pada tumbuhan Angiosperma (tumbuhan berbiji tertutup). Masih ingatkah Anda apa alat kelamin jantan dan betina pada tumbuhan Angiosperma?

3. Mikrosporogenesis

Mikrosporogenesis merupakan proses pembentukan mikrospora (serbuk sari) di dalam buluh serbuk sari. Tahapan mikrosporogenesis adalah sebagai berikut:

- **Mikrosporosit** atau **sel induk mikrospora** (2n) mengalami pembelahan meiosis menghasilkan empat **mikrospora** (n).
- Inti sel (nukleus) di dalam **mikrospora** mengalami kariokinesis tanpa sitokinesis menghasilkan satu **inti generatif** atau **sperma** (n) dan satu **inti vegetatif** atau **inti tabung** (n).
- Setelah terjadi penyerbukan akan terbentuk buluh serbuk sari. **Inti generatif** (sperma) mengalami kariokinesis menghasilkan satu **inti generatif I** atau **inti sperma I** (n) dan satu **inti generatif II** atau **inti sperma II** (n).
- Terbentuk gametofit jantan yang memiliki tiga inti (inti generatif I, inti generatif II, dan inti tabung atau inti vegetatif).



Gambar 12. Mikrosporogenesis

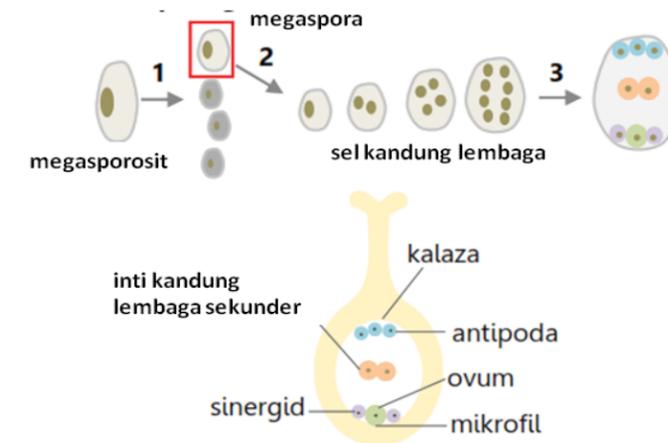
Sumber: Dokumentasi penulis.

4. Megasporogenesis/ Makrosporogenesis

Megasporogenesis merupakan proses pembentukan megaspora di dalam ovulum (ovarium). Tahapan megasporogenesis adalah sebagai berikut:

- **Megasporosit** atau **sel induk megaspora** (2n) mengalami pembelahan meiosis menghasilkan empat **megaspora** (n). Lalu tiga megaspora akan mati.

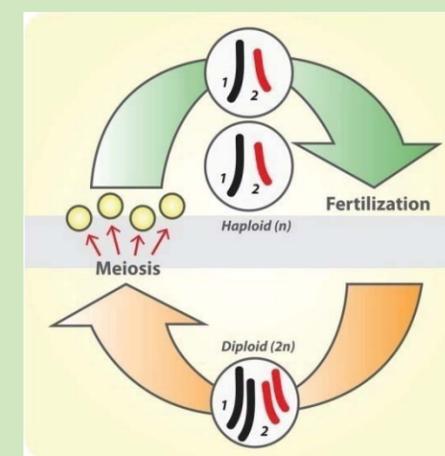
- **Megaspora** tersisa mengalami tiga kali kariokinesis tanpa sitokinesis menjadi **sel kandung lembaga** yang mengandung delapan **inti**.
- Tiga **inti** menuju mikrofil menjadi satu **ovum** (n) dan dua **sinergid** (n), dua inti bergabung di tengah menjadi **inti kandung lembaga sekunder** (2n), dan tiga inti menuju kalaza menjadi **antipoda** (n) lalu mati.
- Hasil akhirnya adalah **megagametofit** (kantong embrio matang) yang memiliki satu ovum, dua sinergid, inti kandung lembaga sekunder, dan tiga antipoda.



Gambar 13. Megasporogenesis

Sumber: Dokumentasi penulis.

BIOINFO : Peran Penting Pembelahan Meiosis dalam Hereditas



Sumber: <https://gusthollow.com>

Gambar 14. Bagan Hubungan Diploid-Haploid pada Meiosis

Pembelahan meiosis menghasilkan jumlah kromosom haploid untuk mempertahankan jumlah kromosom diploid pada sel-sel tubuh. Manusia memiliki 46 kromosom pada sel tubuhnya dan masing-masing memiliki 23 kromosom pada sel sperma dan sel telur. Ketika sel sperma dan sel telur bertemu dan mengalami fertilisasi akan terbentuk zigot yang mengandung gabungan dari jumlah kromosom kedua sel gamet, yaitu 46 kromosom. Oleh karena itu, seorang anak akan mengandung kombinasi sifat dari kedua orangtuanya, tidak identik kepada salah satu orangtuanya. Selain itu pembelahan meiosis berperan penting terhadap munculnya variasi genetik makhluk hidup.

PENUGASAN 2

Membuat Bagan Pembelahan Mitosis atau Meiosis

❖ Tujuan

Anda diharapkan mampu:

- Merancang model pembelahan mitosis atau meiosis dalam bentuk 2 dimensi
- Membuat model pembelahan mitosis atau meiosis dalam bentuk 2 dimensi

❖ Media

- Alat tulis
- Kertas karton
- Pewarna (pensil warna, spidol, dan lain-lain)
- Jika memilih membuat bagan dengan teknik menempel dapat menggunakan bahan-bahan bekas yang aman (sisa tripleks, kardus, gabus, kain perca warna-warni, dan lainnya sesuai kreatifitas, serta bahan pelekats)
- Buku/sumber belajar lain yang mendukung

❖ Langkah Penugasan

- Anda dapat memilih untuk membuat bagan pembelahan mitosis atau meiosis. Anda juga dapat memilih membuat bagan dengan teknik menggambar atau teknik menempel.
- Lakukanlah kajian pustaka untuk mencari gambar proses pembelahan mitosis atau meiosis.
- Gambarlah bagan proses pembelahan yang telah Anda pilih pada kertas karton sesuai gambar hasil kajian pustaka
- Warnailah bagan buatan Anda agar terlihat lebih menarik
- (Jika Anda membuat bagan dengan teknik menempel, mulailah membentuk bahan-bahan sesuai gambar proses pembelahan sel hasil studi pustaka kemudian rakit dan susun bahan tersebut hingga menampilkan bagan proses pembelahan sel)
- Berilah keterangan pada bagan buatan Anda agar lebih mudah memahaminya
- Selanjutnya jawab pertanyaan berikut dan kumpulkan bersama hasil karya Anda!

Pertanyaan

1. Jika suatu sel membelah secara meiosis sebanyak 4 kali, berapakah jumlah sel anakan yang dihasilkan?
2. Jika suatu sel memiliki 50 kromosom, berapakah jumlah kromosom pada setiap sel anakan yang mengalami pembelahan mitosis dan meiosis?
3. Jelaskan perbedaan metafase pada mitosis dengan metafase I pada meiosis II!
4. Jelaskan perbedaan mikrosporogenesis dan megasporogenesis pada tumbuhan tingkat tinggi!

RANGKUMAN

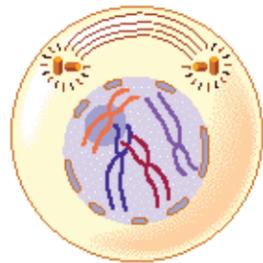
1. Pembelahan sel dibedakan atas pembelahan amitotik (secara langsung) dan pembelahan mitotik (secara tidak langsung)
2. Pembelahan mitotik dibedakan atas pembelahan mitosis dan meiosis.
3. Siklus sel terdiri atas interfase (terdiri atas G_1 , sintesis, dan G_2) dan fase mitotik (terdiri atas profase, metafase, anafase, dan telofase).
4. Pembelahan mitosis terjadi pada sel tubuh dan menghasilkan dua sel anakan yang bersifat diploid ($2n$).
5. Pembelahan mitosis mengalami satu kali pembelahan dengan tahapannya secara berurutan adalah profase, metafase, anafase, telofase, dan sitokinesis.
6. Pembelahan meiosis terjadi pada sel kelamin dan menghasilkan empat sel anakan yang bersifat haploid (n).
7. Pembelahan meiosis mengalami dua kali pembelahan (meiosis I dan meiosis II) dengan tahapannya secara berurutan adalah profase I (leptoten, zigoten, pakiten, diploten, dan diakinesis), metafase I, anafase I, telofase I, sitokinesis I, interkinesis profase II, metafase II, anafase II, telofase II, dan sitokinesis II.
8. Gametogenesis adalah proses pembentukan sel gamet.
9. Gametogenesis pada manusia dan hewan terdiri atas spermatogenesis dan oogenesis sedangkan pada tumbuhan tingkat tinggi terdiri atas mikrosporogenesis dan megasporogenesis.
10. Tahapan spermatogenesis: spermatogonium \rightarrow spermatosit primer \rightarrow 2 spermatosit sekunder \rightarrow 4 spermatid \rightarrow 4 spermatozoa.
11. Tahapan oogenesis: oogonium \rightarrow oosit primer \rightarrow 1 oosit sekunder dan 1 polosit \rightarrow 1 ootid dan 3 polosit \rightarrow 1 ovum.
12. Mikrosporogenesis adalah proses pembentukan serbuk sari. Setiap serbuk sari yang dihasilkan mengandung 1 inti vegetatif, 1 inti generatif I dan 1 inti generatif II.
13. Megasporogenesis adalah proses pembentukan megaspora. Hasilnya adalah megagametofit yang mengandung 1 ovum, 2 sinergid, inti kandung lembaga sekunder, dan 3 antipoda.

LATIHAN SOAL

A. Soal Pilihan Ganda

Pilihlah jawaban yang tepat!

- Reproduksi sel amitosis terjadi pada
 - virus
 - jamur
 - bakteri
 - protozoa
 - sel-sel meristem
- Pasangan sel yang mengalami pembelahan mitosis adalah
 - bakteri dan protozoa
 - sel kulit dan sel meristem
 - spermatozoa dan ovum
 - sel meristem dan ovum
 - spermatozoa dan ganggang biru
- Pada siklus kehidupan sel, kromosom tidak ditemukan pada fase
 - interfase
 - profase
 - metafase
 - anafase
 - telofase
- Perhatikan gambar berikut!



Sumber: Dokumentasi penulis

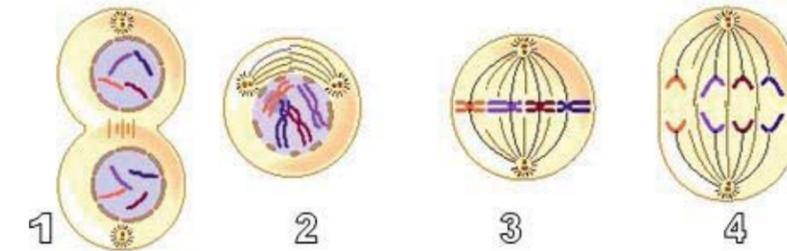
Fase dan proses yang terjadi pada gambar adalah

- anafase, pembentukan sentriol
 - interfase, pembentukan kromosom
 - interfase, pembentukan organel sel
 - metafase, kromatid berada di tengah
 - profase, membran inti mulai menghilang
- Pada fase G_2 dari interfase terjadi proses
 - sintesis DNA
 - replikasi DNA
 - pertumbuhan primer
 - pembentukan kromatin
 - pembentukan organel sel
 - Replikasi DNA saat interfase terjadi pada tahap
 - G_0 (istirahat)
 - G_1 (*growth-1*)
 - G_2 (*growth-2*)
 - S (sintesis)
 - M (mitotik)

7. Tahapan pembelahan mitosis secara berurutan adalah

- anafase – telofase – profase – metafase
- telofase – anafase – profase – metafase
- metafase – profase – anafase – telofase
- profase – anafase – metafase – telofase
- profase – metafase – anafase – telofase

8. Perhatikan gambar pembelahan sel berikut!

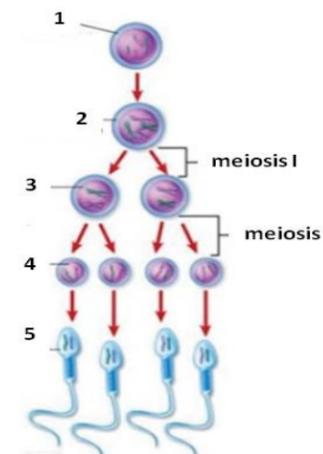


Sumber: <http://biologigonz.blogspot.com>

Metafase dan anafase ditunjukkan oleh nomor

- 1 dan 2
- 2 dan 3
- 3 dan 4
- 3 dan 1
- 4 dan 1

Perhatikan gambar spermatogenesis berikut untuk soal nomor 9 dan 10!

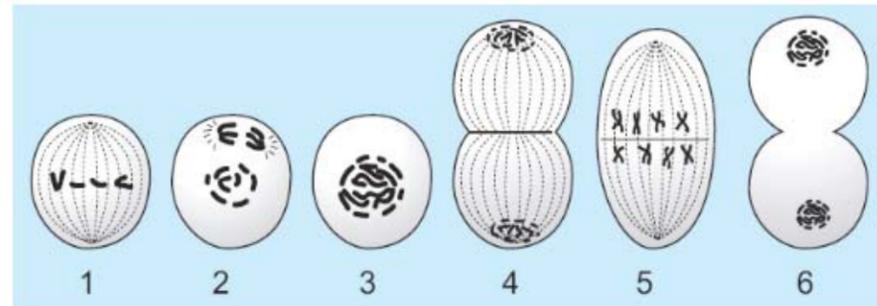


Sumber: Dokumentasi penulis

9. Sel yang merupakan hasil pembelahan mitosis dan meiosis secara berurutan adalah

- 1 dan 2
 - 1 dan 3
 - 2 dan 3
 - 3 dan 5
 - 4 dan 5
- Jenis sel yang ditunjukkan oleh nomor 1 dan 3 adalah
 - spermatisit dan spermatid
 - spermatisit dan spermatozoa
 - spermatogonium dan spermatid
 - spermatogonium dan spermatisit primer
 - spermatogonium dan spermatisit sekunder

11. Perhatikan gambar pembelahan sel berikut!



Sumber: <http://proprofs.com>

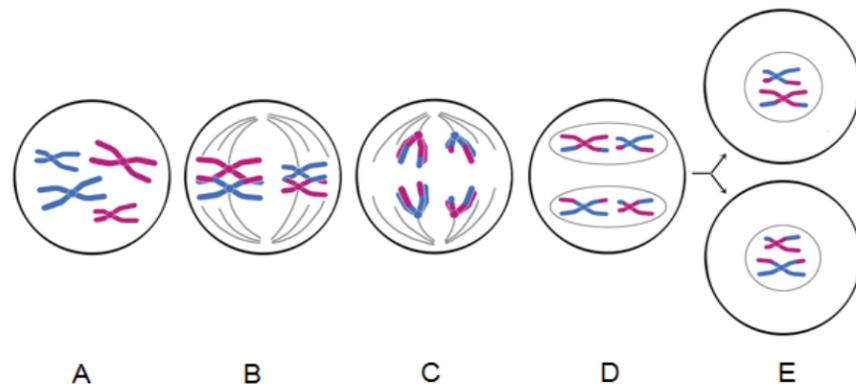
Urutan tahap pembelahan sel yang tepat adalah

- A. 1 – 5 – 4 – 6 – 3 – 2 B. 2 – 1 – 5 – 4 – 6 – 3 C. 2 – 3 – 1 – 5 – 4 – 6
 D. 3 – 2 – 6 – 4 – 5 – 1 E. 3 – 2 – 1 – 5 – 4 – 6

12. Kromosom tampak lebih jelas dan jumlahnya dapat dihitung pada saat metafase. Hal ini disebabkan karena

- A. kromosom saling berpasangan
 B. kromosom berjajar di bidang ekuator
 C. kromosom bergerak ke arah kutub
 D. benang spindel mengikat kromosom
 E. kromatin sudah berubah menjadi kromosom

13. Perhatikan gambar pembelahan sel berikut!

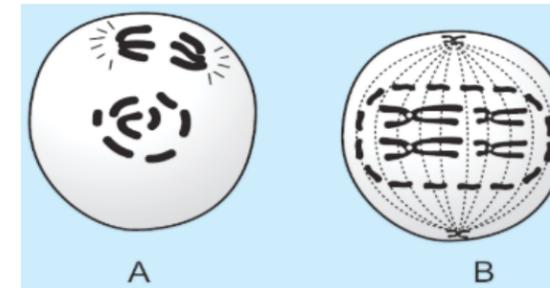


Sumber: <http://proprofs.com>

Jenis pembelahan sel dan fase yang ditunjukkan oleh huruf B adalah

- A. pembelahan mitosis, fase profase
 B. pembelahan mitosis, fase metafase
 C. pembelahan meiosis I, fase profase
 D. pembelahan meiosis I, fase metafase
 E. pembelahan meiosis II, fase metafase

14. Perhatikan gambar pembelahan meiosis berikut!



Sumber: <http://proprofs.com>

Fase yang ditunjukkan pada gambar A dan B secara berurutan adalah

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

15. Perbandingan yang tepat antara pembelahan mitosis dan meiosis adalah...

	Perbedaan	Mitosis	Meiosis
A	Jumlah pembelahan	dua kali	satu kali
B	Sifat sel anakan	Berbeda dengan sel induk	Identik dengan sel induk
C	Jumlah kromosom	Haploid	Diploid
D	Jumlah sel anakan	4 sel	2 sel
E	Pindah silang gen pada kromosom	tidak terjadi	Terjadi

16. Jumlah kromosom pada suatu sel adalah 16 buah. Jika sel tersebut membelah secara mitosis, maka jumlah kromosom pada setiap sel anakan adalah

- A. 2 B. 4 C. 8 D. 16 E. 32

17. Dibawah ini perbandingan yang tidak tepat antara spermatogenesis dan oogenesis adalah...

	Spermatogenesis	Oogenesis
A	Berlangsung di testis	Berlangsung di ovarium
B	Kromosom seks anakan adalah X dan Y	Kromosom sel anakan adalah X
C	Menghasilkan 4 spermatozoa	Menghasilkan 4 ovum
D	Dimulai sejak masa pubertas	Dimulai sejak masa embrio
E	Ukuran sel anakan sama	Ukuran sel anakan berbeda

18. Megasporogenesis pada bunga sempurna akan menghasilkan

- A. 1 inti vegetatif, 2 inti generatif
 B. 1 inti vegetatif, 1 inti sperma I dan 1 inti sperma II
 C. 1 ovum, 2 sinergid, kantong embrio, dan 3 antipoda
 D. 1 ovum, 2 sinergid, 3 antipoda, 1 inti vegetatif, dan 2 inti sperma
 E. 1 ovum, 2 sinergid, inti kandung lembaga sekunder, dan 3 antipoda

19. Sukma mengamati sel ujung akar bawang merah yang sedang aktif membelah. Dia menemukan sebuah sel yang kromosomnya menebal, membran inti tampak menipis, dan dua sentriol bergerak menuju kutub berlawanan. Keadaan ini menunjukkan bahwa Sukma mengamati sel yang mengalami proses pembelahan pada fase

- A. interfase B. profase C. metafase
D. anafase E. telofase

20. Pindah silang (*crossing over*) antar kromosom homolog sehingga terjadi rekombinan merupakan tahapan profase I pada subfase

- A. diploten B. pakiten C. zigoten
D. leptoten E. diakinesis

B. Soal Uraian

Jawablah pertanyaan berikut dengan tepat!

1. Jelaskan perbedaan amitosis, mitosis, dan meiosis serta berikan masing-masing 1 contoh sel yang mengalami pembelahan tersebut!
2. Sel darah merah tidak dapat mengalami pembelahan sel, baik secara amitosis, mitosis, atau meiosis. Mengapa hal demikian dapat terjadi?
3. Kadal memiliki kemampuan untuk memutuskan ekornya saat menyelamatkan diri dari pemangsa. Ekornya tersebut dapat tumbuh kembali. Apa jenis pembelahan sel yang terjadi pada sel-sel ekor kadal yang baru? Jika setiap sel tubuhnya memiliki 34 kromosom, berapakah jumlah kromosom pada sel-sel ekor yang baru?
4. Manusia memiliki jumlah kromosom 46 pada setiap sel-sel tubuhnya, baik pada pria dan wanita. Jika keduanya menikah dan menghasilkan keturunan, maka jumlah kromosom pada anaknya juga 46 buah. Mengapa hal demikian dapat terjadi?
5. Buatlah tabel perbandingan antara pembelahan mitosis dan meiosis!

KRITERIA PINDAH MODUL

- Anda dinyatakan tuntas dan dapat mengikuti modul berikutnya dengan ketentuan telah menyelesaikan tugas-tugas dan latihan soal dalam modul dan nilai hasil belajar mencapai ketuntasan minimal 70. Anda minta tutor untuk menguji pemahaman Anda terhadap modul ini sebelum Anda melanjutkan ke modul berikutnya.
- Jika penguasaan materi belum mencapai nilai ketuntasan 70 jangan berkecil hati dan tetap semangat. Ulangi dengan membaca kembali uraian materi dalam modul, kemudian coba lagi untuk mengerjakan soal latihan khususnya pada soal yang Anda rasakan sulit untuk menjawabnya. Anda juga dapat meminta bantuan Tutor untuk membantu Anda.

KRITERIA PENILAIAN

Rubrik Penilaian

A. Rubrik Penugasan

1. UNIT 1

PENUGASAN UNIT 1

No. Soal	Skor	Kriteria Penskoran
1	30	Untuk setiap gambar yang tahapannya sudah tepat memperoleh skor 6
2	40	Untuk setiap gambar yang ciri-cirinya sudah tepat memperoleh skor 8
3	30	Jika menjelaskan perbedaan dari faktor ada tidaknya sentriol, maka memperoleh skor 10 Jika menjelaskan perbedaan dari faktor ada tidaknya pembentukan plat atau lempeng pembelahan, maka memperoleh skor 15 Jika menjelaskan perbedaan dari faktor ada tidaknya proses pelekukan sel saat telofase, maka memperoleh skor 5
<p>Nilai = Total Skor Jawaban 1 + Total Skor Jawaban 2</p>		

2. UNIT 2

PENUGASAN UNIT 2

No.	Kriteria	Skor dan Deskripsi
1.	Tampilan karya	1. Hasil karya seadanya (tidak rapi, tidak bersih, tidak menarik) 2. Hasil karya kurang rapi, kurang bersih, dan kurang menarik 3. Hasil karya rapi, bersih, dan menarik
2.	Kelengkapan	1. Model tidak dilengkapi keterangan 2. Model dilengkapi keterangan tetapi ada yang kurang tepat 3. Model dilengkapi keterangan yang sudah tepat

3.	Kesesuaian dengan konsep/gambar tahapan mitosis/meiosis	1. Ada banyak bagian yang kurang sesuai dengan konsep/gambar tahapan mitosis/meiosis 2. Ada satu bagian yang kurang sesuai dengan konsep/gambar tahapan mitosis/meiosis 3. Hasil karya sudah sesuai dengan konsep/gambar tahapan mitosis/meiosis
4.	Jawaban atas pertanyaan	1. Ada lebih dari satu jawaban yang belum tepat 2. Ada satu jawaban yang belum tepat 3. Menjawab seluruh pertanyaan dengan baik dan tepat

KRITERIA PENILAIAN

Total Skor	Nilai	Total Skor	Nilai
12	100	7	80
11	96	6	75
10	92	5	70
9	88	4	65
8	84		

3. NILAI AKHIR PENUGASAN

Nilai akhir penugasan dapat Anda peroleh dengan menggunakan rumus berikut:

$$\frac{\text{Nilai Penugasan Unit 1} + \text{Nilai Penugasan Unit 2}}{2}$$

B. RUBRIK PENILAIAN LATIHAN SOAL

1. PILIHAN GANDA

Setiap soal dengan jawaban yang benar mendapatkan skor 5. Total skor untuk 20 soal dengan jawaban benar adalah 100. Total skor yang diperoleh merupakan nilai untuk latihan soal pilihan ganda.

2. SOAL URAIAN

Total skor untuk 6 soal uraian dengan jawaban benar adalah 100. Total skor yang diperoleh merupakan nilai untuk latihan soal uraian.

No	Skor	Deskripsi
1.	20	Jika pada jawaban menjelaskan perbedaan pembelahan amitosis, mitosis, dan meiosis dengan tepat, maka memperoleh skor 10. Jika pada jawaban memberikan masing-masing contoh dari ketiga jenis pembelahan sel tersebut dengan tepat, maka memperoleh skor 10.
2.	10	Jika pada jawaban menjelaskan sel darah merah tidak memiliki inti sel, maka memperoleh skor 10
3.	20	Jika pada jawaban menjelaskan pembelahan sel yang terjadi pada ekor kadal adalah mitosis, maka memperoleh skor 10 Jika pada jawaban menjelaskan bahwa jumlah kromosomnya sama dengan jumlah kromosom sel induk, maka memperoleh skor 10
4.	20	Jika pada jawaban menjelaskan jumlah kromosom pada sel sperma dan sel ovum masing-masing 23 kromosom, maka memperoleh skor 10 Jika pada jawaban menjelaskan hasil penyatuan kedua sel kelamin (fertilisasi) menghasilkan zigot (calon anak) yang memiliki 46 kromosom, maka memperoleh skor 10
5.	30	Untuk setiap perbedaan yang dijelaskan dengan tepat pada tabel memperoleh skor 5 Jika menjelaskan lebih dari 5 perbedaan dengan tepat maka memperoleh skor 30

NILAI AKHIR LATIHAN SOAL

Nilai akhir latihan soal dapat Anda peroleh dengan menggunakan rumus berikut:

Nilai Latihan Soal Pilihan Ganda + Nilai Latihan Soal Uraian

2

C. NILAI AKHIR MODUL

Nilai akhir modul dapat diperoleh dengan menggunakan rumus berikut:

Nilai Akhir Penugasan + Nilai Akhir Latihan Soal

2

Bila diperoleh nilai diatas 70, maka Anda dinyatakan lulus dan dapat melanjutkan ke modul berikutnya. Bila Anda memperoleh nilai dibawah 70, maka Anda dinyatakan tidak lulus dan dapat mempelajari modul ini kembali sampai Anda memperoleh skor diatas 70.

KUNCI JAWABAN DAN PEMBAHASAN

A. Penugasan Unit 1

1. Gambar A = anafase, gambar B = interfase, gambar C = metafase, gambar D = profase, dan gambar E = telofase.
2. Ciri khusus pada gambar A adalah posisi pasangan kromatid yang menuju kutub berlawanan. Ciri khusus pada gambar B adalah membran inti masih terlihat jelas dan kromosom belum jelas. Ciri khusus pada gambar C adalah posisi kromatid yang berjajar dengan jelas pada bagian ekuator (tengah). Ciri khusus gambar D adalah membran inti perlahan menghilang dan kromosom terlihat samar. Ciri khusus gambar E adalah terbentuknya bidang pembelahan di tengah sel pasca anafase.
3. Perbedaan mitosis pada sel hewan dan sel tumbuhan antara lain: 1) pembentukan benang spindel dibantu oleh sentriol pada sel hewan namun tidak ada pada sel tumbuhan; 2) sitokinesis pada sel tumbuhan terjadi melalui pembentukan plat atau lempeng sel di sekitar bidang pembelahan sedangkan sel hewan langsung terjadi dengan pembelahan; 3) sel hewan mengalami pelekukan sel saat telofase dan sel tumbuhan tidak mengalami pelekukan sel.

B. Penugasan Unit 2

1. Dalam satu kali pembelahan meiosis, satu sel menghasilkan 4 sel anakan. Jika sel mengalami 4 kali pembelahan meiosis, maka jumlah sel anakan yang dihasilkan adalah $4^4 = 256$ sel anakan.
2. Sel yang memiliki 50 kromosom dan mengalami pembelahan mitosis memiliki sel anakan dengan jumlah kromosom yang sama, yaitu 50 kromosom karena bersifat diploid. Jika sel tersebut mengalami pembelahan meiosis, maka jumlah kromosom sel anaknya adalah 25 kromosom karena bersifat haploid.
3. Metafase pada mitosis memiliki ciri-ciri pasangan kromatid berjajar di bidang ekuator (tampak satu baris) sedangkan metafase I pada meiosis II memiliki ciri-ciri pasangan kromosom homolog berjajar di bidang ekuator (tampak dua baris).

4. Mikrosporogenesis terjadi di benang sari (dalam kantong sari), mengalami kariokinesis sebanyak 2 kali dengan meiosis II menghasilkan 4 sel hidup, dan hasil akhirnya adalah buluh polen dengan 3 inti. Sedangkan megasporogenesis terjadi di bakal buah (ovarium), mengalami kariokinesis sebanyak 3 kali dengan meiosis II menghasilkan 1 sel hidup dan 3 sel degenerasi, dan hasil akhirnya adalah megagametofit dengan 8 inti.

C. Latihan Soal Pilihan Ganda

1. C
Pembahasan: Amitosis terjadi pada bakteri sedangkan jamur, protozoa, dan sel-sel meristem mengalami pembelahan mitosis. Virus tidak mengalami pembelahan karena tidak termasuk dalam sel hidup melainkan memperbanyak diri dengan cara replikasi.
2. B
Pembahasan: Sel kulit, sel meristem, dan protozoa mengalami pembelahan mitosis. Spermatozoa dan ovum mengalami pembelahan meiosis karena merupakan sel gamet. Bakteri dan ganggang biru (Cyanobacteria) mengalami amitosis.
3. A
Pembahasan: Pada saat interfase belum terbentuk kromosom karena benang-benang DNA masih berbentuk kromatin.
4. E
Pembahasan: Fase dan proses yang terjadi pada gambar adalah profase karena memiliki ciri-ciri membran inti mulai menghilang dan dua sentriol menuju kutub berlawanan.
5. E
Pembahasan: Sintesis DNA, replikasi DNA, dan pembentukan kromatin terjadi pada fase S (sintesis). Pertumbuhan primer terjadi pada fase G_1 dan pembentukan organel sel terjadi pada fase G_2 .
6. D
Pembahasan: Sudah jelas seperti yang telah dibahas pada jawaban nomor 5.
7. E
Pembahasan: Tahapan pembelahan mitosis secara berurutan adalah profase, metafase, anafase, dan telofase.
8. C
Pembahasan: Gambar 1 = telofase (terlihat dari ciri sel memanjang dan mengalami pelekukan), gambar 2 = profase (terlihat dari ciri membran inti mulai menghilang dan dua sentriol menuju kutub berlawanan), gambar 3 = metafase (terlihat dari posisi kromatid berjajar di bidang ekuator), dan gambar 4 = anafase (terlihat dari pasangan kromatid memisah dan menuju kutub berlawanan).
9. C
Pembahasan: Spermatogonium (nomor 1) mengalami pembelahan mitosis menjadi spermatosit primer (nomor 2). Spermatosit primer mengalami pembelahan meiosis I menghasilkan 2 spermatosit sekunder (nomor 3) selanjutnya mengalami meiosis II menghasilkan 4 spermatid (nomor 4). Spermatid mengalami pematangan menjadi sperma (nomor 5).
10. E
Pembahasan: Sudah jelas seperti yang telah dibahas pada jawaban nomor 9.
11. E
Pembahasan: Gambar 1 = metafase, gambar 2 = profase akhir atau prometafase, gambar 3 = profase awal, gambar 4 = telofase, gambar 5 = anafase, dan gambar 6 = sitokinesis. Jadi, urutan yang tepat adalah profase – prometafase – metafase – anafase – telofase – sitokinesis.
12. B
Pembahasan: Pada saat metafase, membran inti telah menghilang sepenuhnya dan kromosom berjajar di bidang ekuator sehingga tampak lebih jelas dan jumlahnya mudah dihitung.
13. D
Pembahasan: Gambar tersebut merupakan tahapan pembelahan meiosis yang ditandai dengan ciri-ciri adanya pindah silang pada kromosom. Secara berurutan dari huruf A ke E adalah profase, metafase, anafase, telofase, dan sitokinesis. Tahapannya masih dalam pembelahan meiosis I karena pada metafase terlihat pasangan kromosom homolog.
14. C
Pembahasan: Gambar A adalah profase karena tampak membran inti mulai menghilang dan dua sentriol menuju kutub berlawanan. Gambar B adalah metafase I karena tampak pasangan kromosom homolog berjajar di bidang ekuator.
15. E
Pembahasan: Perbandingan pada pilihan A, B, C, dan D adalah kebalikan antara mitosis dan meiosis. Pada pembelahan meiosis terjadi pindah silang pada saat profase I sedangkan pembelahan mitosis tidak mengalami pindah silang.
16. D
Pembahasan: Pembelahan mitosis menghasilkan dua sel anakan yang bersifat diploid, artinya memiliki sifat dan jumlah kromosom yang identik dengan sel induknya. Sel induknya memiliki 16 kromosom, otomatis sel anaknya juga memiliki 16 kromosom.
17. C
Pembahasan: Spermatogenesis menghasilkan 4 spermatozoa sedangkan oogenesis menghasilkan 1 ovum dan 3 polosit.

18.E

Pembahasan: Bunga sempurna adalah bunga yang memiliki alat kelamin jantan dan betina, yaitu benang sari dan putik. Megasporogenesis terjadi di bakal buah (ovarium), mengalami kariokinesis sebanyak 3 kali dengan meiosis II menghasilkan 1 sel hidup dan 3 sel degenerasi, dan hasil akhirnya adalah megagametofit dengan 8 inti, yaitu 1 ovum (n), 2 sinergid (n), 1 inti kandung lembaga sekunder (2n), dan 3 antipoda (n).

19.B

Pembahasan: Seperti pada pembahasan-pembahasan sebelumnya, ciri-ciri tersebut sudah jelas merupakan sel pada tahap profase.

20.B

Pembahasan: Profase I pada pembelahan meiosis I terdiri atas 5 tahap, yaitu leptoten, zigoten, pakiten, diploten, dan diakinesis. Persistiwa pindah silang terjadi pada fase pakiten.

D. Latihan Soal Uraian

1. Pembahasan: Amitosis adalah pembelahan satu sel secara langsung menjadi dua sel anakan tanpa melalui tahapan profase, metafase, anafase, dan telofase. Contohnya pada pembelahan sel bakteri. Mitosis adalah pembelahan satu sel menjadi dua sel anakan melalui tahapan profase, metafase, anafase, dan telofase. Contohnya pembelahan sel-sel tubuh. Meiosis adalah pembelahan satu sel menjadi empat sel anakan melalui dua kali pembelahan atau dua kali tahapan profase, metafase, anafase, dan telofase. Contohnya pada pembentukan sel gamet.
2. Pembahasan: Sel darah merah tidak memiliki inti sel sehingga tidak dapat mengalami pembelahan sel.
3. Pembahasan: Pembelahan sel yang terjadi pada ekor kadal yang mengalami putus adalah pembelahan mitosis karena tersusun atas sel somatik (sel tubuh). Pembelahan mitosis menghasilkan sel anakan yang bersifat diploid atau memiliki sifat identik dan jumlah kromosom yang sama dengan sel induknya. Otomatis jika sel tubuhnya memiliki 34 kromosom, maka jumlah kromosom pada sel-sel ekor yang baru juga 34 kromosom.
4. Pembahasan: Manusia memiliki 46 kromosom pada sel tubuhnya. Pria menghasilkan sperma yang memiliki 23 kromosom sedangkan wanita menghasilkan sel telur yang memiliki 23 kromosom. Ketika keduanya menikah dan ingin menghasilkan keturunan, maka sel sperma dan sel telur bertemu. Selanjutnya mengalami fertilisasi membentuk zigot (calon anak) yang mengandung gabungan dari jumlah kromosom kedua sel gamet, yaitu 46 kromosom.
5. Pembahasan: Berikut ini adalah Tabel 4.3 untuk membahas perbandingan pembelahan mitosis dan meiosis.

Tabel 4.3. Perbandingan Pembelahan Mitosis dan Meiosis

No.	Perbedaan	Mitosis	Meiosis
1.	Jumlah pembelahan	Satu kali	Dua kali
2.	Jumlah sel anakan yang dihasilkan	2 sel	4 sel
3.	Jumlah kromosom sel anakan	Diploid (2n), jumlahnya sama jumlah kromosom sel induk	Haploid (n), jumlahnya setengah dari jumlah kromosom sel induk
4.	Sifat sel anakan	Identik dengan sel induk	Tidak identik dengan sel induk (kombinasi)
5.	Tujuan pembelahan	Untuk pertumbuhan, regenerasi, dan perkembangbiakan pada sel eukariotik uniseluler	Untuk mengurangi jumlah kromosom saat pembentukan sel gamet agar jumlah kromosom selalu tetap dari generasi ke generasi
6.	Interkinesis	Tidak terjadi	Terjadi
7.	Duplikasi kromosom	Terjadi pada awal profase	Terjadi pada pertengahan profase I (pakiten)
8.	Pindah silang gen pada kromosom	Tidak terjadi	Terjadi
9.	Metafase	Pasangan kromatid berjajar di bidang ekuator dalam 1 baris	Metafase I: pasangan kromosom homolog berjajar di bidang ekuator dalam 2 baris Metafase II: pasangan kromatid berjajar di bidang ekuator dalam 1 baris
10.	Anafase	Memisahkan kromatid saudara	Anafase I: memisahkan pasangan kromosom homolog Anafase II: memisahkan kromatid saudara

SARAN REFERENSI

<https://biologiklaten.wordpress.com/bab-26-pembelahan-sel-xii/>

<https://www.biologi-sel.com/2012/06/siklus-dan-pembelahan-sel.html>

Irnaningtyas. 2013. *Biologi untuk SMA/MA Kelas XII*. Jakarta: Penerbit Erlangga

SMA Negeri 78. 2015. *Biologi*. <https://materi78.wordpress.com/2013/06/25/biologi-3/>

Sulistiyowati, Omegawati, Ningsih, dan Rumiati. 2016. *Biologi untuk SMA/MA Kelas XII*. Klaten: PT. Intan Pariwara

Anda juga dapat mempelajari dengan materi lebih lanjut dengan mengunjungi situs Youtube pada tautan berikut:

1. Video Pembelahan Mitosis

<https://www.youtube.com/watch?v=Cb51BVdqzbg>

2. Video Pembelahan Meiosis

<https://www.youtube.com/watch?v=V63g4D6mffs>

DAFTAR PUSTAKA

Budile. 2012. Remedi Bio XII-UH 3b. Diakses pada 11 Juni 2018, dari <http://proprofs.com/quiz-school/story.php?title=remedi-bio-xii-uh-3b>

Campbell, N.A., J.B. Reece, dan L.G. Mitchell. 2012. *Biologi edisi 8 jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga

CCRC Farmasi UGM. 2014. *Mekanisme Regulasi Apoptosis*. Diakses pada 25 Desember 2018, dari <http://ccrc.farmasi.ugm.ac.id/wp-content/uploads/mekanisme-dan-regulasi-apoptosis1.pdf>

Irnaningtyas. 2013. *Biologi untuk SMA/MA Kelas XII*. Jakarta: Penerbit Erlangga

SMA Negeri 78. 2015. *Biologi*. Diakses 20 Mei 2018, dari <https://materi78.wordpress.com/2013/06/25/biologi-4/>

Sulistiyowati, Omegawati, Ningsih, dan Rumiati. 2016. *Biologi untuk SMA/MA Kelas XII*. Klaten: PT. Intan Pariwara

SUMBER GAMBAR

<https://biologigonz.blogspot.com/2015/10/ulangan-harian-biologi-reproduksi-sel.html>

<https://guesthollow.com/biology/5-3-reproduction-and-meiosis/>

<https://materi78.wordpress.com/2013/06/25/biologi-4/>

<https://www.annelernediyor.com/hafta-hafta-bebegin-olusumu-ve-gelisimi/>

<https://www.biologi-sel.com/2012/06/siklus-dan-pembelahan-sel.html>

<http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/indexmag.html>?<http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/artnov04macro/jronionroot.html>

<http://www.nephrology-uni-kiel.com/start-page/research/current-projects/programmed-cell-death/apoptosis/>

<https://www.proprofs.com/quiz-school/story.php?title=remedi-bio-xii-uh-3b>

<https://micro.magnet.fsu.edu/cells/fluorescencemitosis/index.html>

GLOSARIUM

Amitotik: pembelahan sel yang berlangsung tanpa melalui tahap-tahap mitosis

Anafase: tahap pembelahan mitotik yang ditandai dengan setiap kromosom ditarik menuju kutub masing-masing

Angiosperma: tumbuhan berbiji tertutup/ biji terlindungi daun buah dibedakan atas monokotil dan dikotil

Antipoda: tiga inti pada sel kandung lembaga yang bergerak secara berlawanan menuju kalaza

Buluh serbuk sari: saluran masuknya inti sel serbuk sari menuju ovulum, hasil perkembangan serbuk sari yang menempel pada putik setelah terjadinya penyerbukan

Diakinesis: tahapan akhir pada profase I yang ditandai dengan pasangan kromosom homolog sudah berpisah

Diploten: tahapan pada profase I yang ditandai dengan Pasangan kromosom homolog saling menjauh

Gamet: sel kelamin

Gametogenesis: proses pembentukan sel kelamin

Interfase: fase istirahat berupa persiapan sel menuju tahap pembelahan

Inti kandung lembaga sekunder: inti kandung lembaga kedua, hasil penggabungan dua inti dari sel kandung lembaga

Kariokinesis: proses pembagian materi inti pada pembelahan mitotik

Kromatid: satu bagian lengan kromosom yang melekat satu sama lain di bagian sentromer

Kromatin: rangkaian DNA membentuk benang-benang halus, tidak beraturan, dan mudah diwarnai dengan pewarna tertentu

Kromosom: substansi genetik berupa benang-benang kromatin yang memendek dan menebal

Leptoten: tahap awal pada profase I yang ditandai dengan kromatin membentuk kromosom

Megagametofit: perkembangan lanjutan dari megaspora yang memiliki satu ovum, dua sinergid, inti kandung lembaga sekunder, dan tiga antipoda

Megaspora: sel hasil pembelahan meiosis megasporofit

Megasporogenesis: disebut juga makrosporogenesis, proses pembentukan megaspora di dalam ovulum (ovarium)

Meiosis: pembelahan sel yang terjadi pada sel-sel gamet yang menghasilkan empat sel anakan yang bersifat haploid (n) dan tidak identik dengan sel induk

Metafase: tahap pembelahan mitotik yang ditandai dengan kromatid berjajar di ekuator dan membran inti menghilang

Mikroskop fluoresensi: mikroskop yang digunakan untuk mengamati spesimen yang bersifat *luminescence* sehingga spesimen yang menjadi sumber cahaya

Mikrospora: serbuk sari

Mikrosporogenesis: proses pembentukan mikrospora (serbuk sari) di dalam buluh serbuk sari

Mikrosporosit: sel induk mikrospora dan bersifat diploid

Mitosis: pembelahan sel yang terjadi pada sel-sel tubuh yang menghasilkan dua sel anakan yang bersifat diploid ($2n$) dan identik dengan sel induk

Oogenesis: proses pembentukan ovum pada ovarium

Oogonium: sel induk ovum yang berada di dalam ovarium dan bersifat diploid

Oosit primer: hasil pembelahan mitosis dari oogonium dan bersifat diploid

Oosit sekunder: hasil pembelahan meiosis I dari oosit primer dan bersifat haploid

Ootid: hasil pembelahan meiosis II dari oosit sekunder dan bersifat haploid

Organel: struktur khusus di dalam sel yang memiliki fungsi tertentu

Ovarium: alat reproduksi dalam pada wanita atau betina sebagai tempat pembentukan sel telur

Ovum: gamet betina atau sel telur

Ovulum: disebut juga bakal biji, tempat beradanya sel telur pada tumbuhan

Pakiten: tahapan pada profase I yang ditandai dengan setiap kromosom homolog berduplikasi menjadi dua kromatid dan membentuk kompleks empat kromatid

Pembelahan reduktif: sebutan lain untuk pembelahan meiosis

Polosit: sel kutub yang dihasilkan pada proses oogenesis

Profase: tahap awal pembelahan mitotik yang ditandai dengan perubahan kromatin membentuk kromosom dan membran inti mulai menghilang

Replikasi: pembentukan salinan

Sel kandung lembaga: sel hasil pembelahan megaspore sebanyak tiga kali kariokinesis tanpa sitokinesis dan mengandung delapan inti

Sentriol: organel sel yang berperan dalam pembelahan sel

Sentromer: bagian tengah kromosom berupa bulatan kecil sebagai daerah perlekukan

Sinergid: dua inti pada sel kandung lembaga yang mengalami pergerakan di dekat mikrofil dan sel telur

Sintesis: penggabungan, pencampuran, atau pembentukan senyawa baru

Sitokinesis: tahap akhir pembelahan sel yang ditandai dengan pembagian sitoplasma lalu sel membelah menjadi dua sel anakan

Somatik: sel-sel yang membentuk tubuh makhluk hidup

Spermatid: hasil pembelahan meiosis II dari spermatosit sekunder dan bersifat haploid

Spermatogenesis: proses pembentukan spermatozoa pada testis

Spermatogonium: sel induk sperma yang berada di tubulus seminiferus di dalam testis dan bersifat diploid

Spermatosit primer: hasil pembelahan mitosis dari spermatogonium dan bersifat diploid

Spermatosit sekunder: hasil pembelahan meiosis I dari spermatosit primer dan bersifat haploid

Spermatozoa: gamet jantan atau sel sperma

Spermiasi: proses pelepasan spermatozoa dewasa menuju epididimis

Telofase: tahap pembelahan mitotik yang ditandai dengan membran inti yang mulai terbentuk kembali dan terjadi pelekukan pada sel untuk membelah

Testis: alat reproduksi dalam pada pria atau jantan sebagai tempat pembentukan sperma

Tetrad: kompleks empat kromatid yang terbentuk dari dua kromatid

Zigoten: tahapan pada profase I yang ditandai dengan kromosom homolog saling berdekatan dan berpasangan membentuk sinapsis

PROFIL PENULIS



Nama Lengkap : Harianto Baharuddin, S.Pd.
Telp Kantor/HP : 0811489370
E-Mail : antopaudni@gmail.com
Akun Facebook : Harianto
Alamat Kantor : H. Abdul Malik Pattana Endeng, Rangas
Kec. Simboro, Kab. Mamuju
Bidang Keahlian : Pendidikan Nonformal

Riwayat Pekerjaan/Profesi dalam 10 Tahun Terakhir

1. Pamong Belajar BP-PAUD dan Dikmas Papua (2011-2018)
2. Pamong Belajar BP-PAUD dan Dikmas Sulawesi Barat (2018-Sekarang)
3. Asesor BAN PAUD dan PNF (2016-Sekarang)

Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar

1. S1- Pendidikan Luar Sekolah, Universitas Negeri Makassar (2005-2009)
2. S2 Manajemen Pendidikan, Universitas Cenderawasih (2014-Sekarang)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)

1. Modul Keterampilan Pembuatan Furniture Minimalis (2015)
2. Modul Keterampilan 5 Langkah Pembuatan Sabun Mandi Buah Merah (2014)

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)

-



Nama Lengkap : Idham Khalik Idrus, S.Pd
Telp Kantor/HP : 085341991776
E-Mail : idham.khalid.idrus@gmail.com
Akun Facebook : Idham Khalik Idrus
Alamat Kantor : Jl. M. Djud P. No. 2
Bidang Keahlian : Pendidikan Biologi

Riwayat Pekerjaan/Profesi dalam 10 Tahun Terakhir

1. Guru Tidak Tetap (GTT)/Honorar di SMAN 1 Majene (2015-sekarang)
2. Praktisi BP PAUD dan Dikmas Sulawesi Barat (2018-2019)

Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar

1. S1-Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Sulawesi Barat (2009-2015)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)

-

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)

-



Nama Lengkap : Asep Koswara
Telp Kantor/HP : 081218033853 / 082213158631
E-Mail : aligavkoswara@gmail.com
Alamat : Jl. Rawa Panjang, Kampung Panjang,
No. 33, RT 01/06, Bojong Gede,
Kab. Bogor
Bidang Keahlian : Pendidikan Nonformal, Sains

Riwayat Pekerjaan/Profesi

1. Tutor Biologi, di Pusat Kegiatan Belajar Masyarakat (PKBM) Windsor Jakarta (2007 – sekarang)
2. Sekretaris, di Yayasan Kausa Resiliensi Indonesia (YKRI) (2015 (Juli – sekarang)
3. Presidium Konsorsium Pendidikan Bencana (KPB) Indonesia (2017 – sekarang)

Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar

1. 2020 – sekarang : Jurusan Biologi – Strata 2 (S2), Universitas Nasional (UNAS) Jakarta
2. 2002 – 2006 : Jurusan Biologi – Strata 1 (S1), Universitas Islam As-syafi'iyah (UIA) Jakarta

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)

-

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)

-