

PTS²⁰²¹

BIOLOGI **BAB PEMBELAHAN SEL**

RANGKUMAN KILAT

PRIVACY AND TERMS

1. All summaries in Rangkuman Kilat are made from student, not from teachers

Rangkuman Kilat is our medium to be able to share lesson summaries to *Kilaters* who do not understand the material at school. This is why *Rangkuman Kilat* are made by students and not from the teacher, even though some of our summaries take references from the teacher's summary or power point. Therefore, we highly recommend using *Rangkuman Kilat* as a supporting summary for the *Kilaters* learning process and not being the only source for *Kilaters* learning considering that it is the students who make it and can be wrong.

2. Rangkuman Kilat as cheating media

Our goal in making *Rangkuman Kilat* is to be able to share summaries, not to facilitate *Kilaters* to cheat on exams. Any form of misuse of the *Rangkuman Kilat* is the responsibility of *Kilaters* concerned and *Team Kilat* will not be responsible in any form.

3. Summaries Copyright Issue

All the summaries that we make are the result of our own hands in making them. To avoid misuse and alteration of the content in the summary, we will publish our summary in pdf form. Considering that in the online world everything can be tricked by using technology, we really hope that you don't change the content in each of our summaries as a form of your appreciation for us. If there is any issue in the summary, either in the form of material or fatal writing, you can contact us by filling out the feedback form in the feedback section on the website.

TEAM KILAT

Coloid	Centrino
xnyaa	Biola* -*
Kak Harto	Jane

RANGKUMAN PTS BIOLOGI 2021

Pembelahan Sel

Adalah proses dimana sel membelah dirinya menjadi dua bagian atau lebih, seiring dengan perkembangan dan evolusi dari makhluk hidup, pembelahan sel ikut mengalami perubahan lewat proses pembelahan yang berbeda-beda pula.

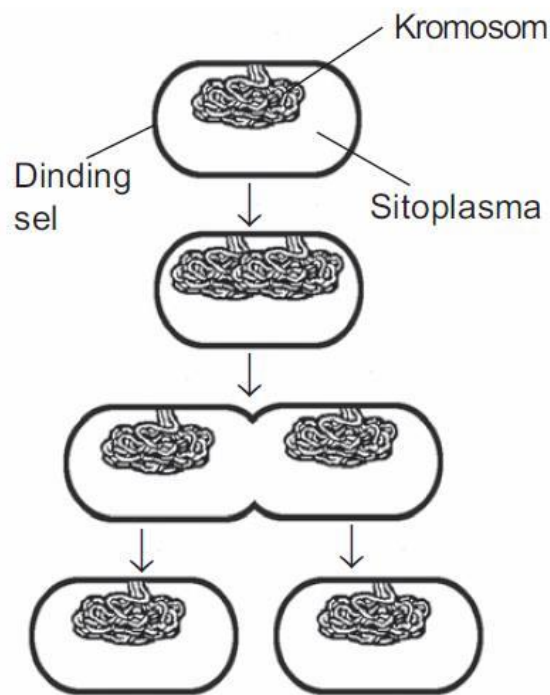
Tujuan dari pembelahan sel adalah:

- a. Reproduksi/memperbanyak/menggandakan jumlah sel
- b. Pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup
- c. Menggantikan sel-sel mati dan rusak (untuk regenerasi)
- d. Membentuk jaringan/organ baru

Syarat sebuah sel dianggap membelah mencakup terjadinya **pembelahan nukleus (kariokinesis)** dan **pembelahan sitoplasma (sitokinesis)**. Pembelahan sel dibagi menjadi tiga jenis: **pembelahan amitosis, mitosis, dan meiosis**.

I. Pembelahan Amitosis/Biner/Langsung

1. Merupakan pembelahan yang terjadi secara **langsung tanpa fase** dan berlangsung **sangat cepat (spontan tanpa melalui tahapan2 pembelahan)**
2. **Sel anak** yang dihasilkan **identik/sama** dengan sel induk.
3. Umumnya terjadi pada sel **prokariot** seperti bakteri dan archaea, tetapi ada beberapa eukariot yang melakukan amitosis, seperti amoeba, paramecium, ganggang/alga hijau biru, dan sebagainya.
4. Proses terjadinya hanya terdiri atas:
 - a. Bahan genetik (DNA) direplikasi dan sel memanjang.
 - b. DNA dan duplikatnya berpisah ke tiap ujung sel yang memanjang dan dinding sel mulai melekok ke dalam di tengah (invaginasi).
 - c. Lekukan membentuk tembok/sekat yang memisah kedua DNA sampai kedua sitoplasma sel terpisah sempurna.
 - d. Sel yang menjadi hasil pembagian sama dengan induknya dan mengandung informasi genetik untuk mereplikasi diri kembali.



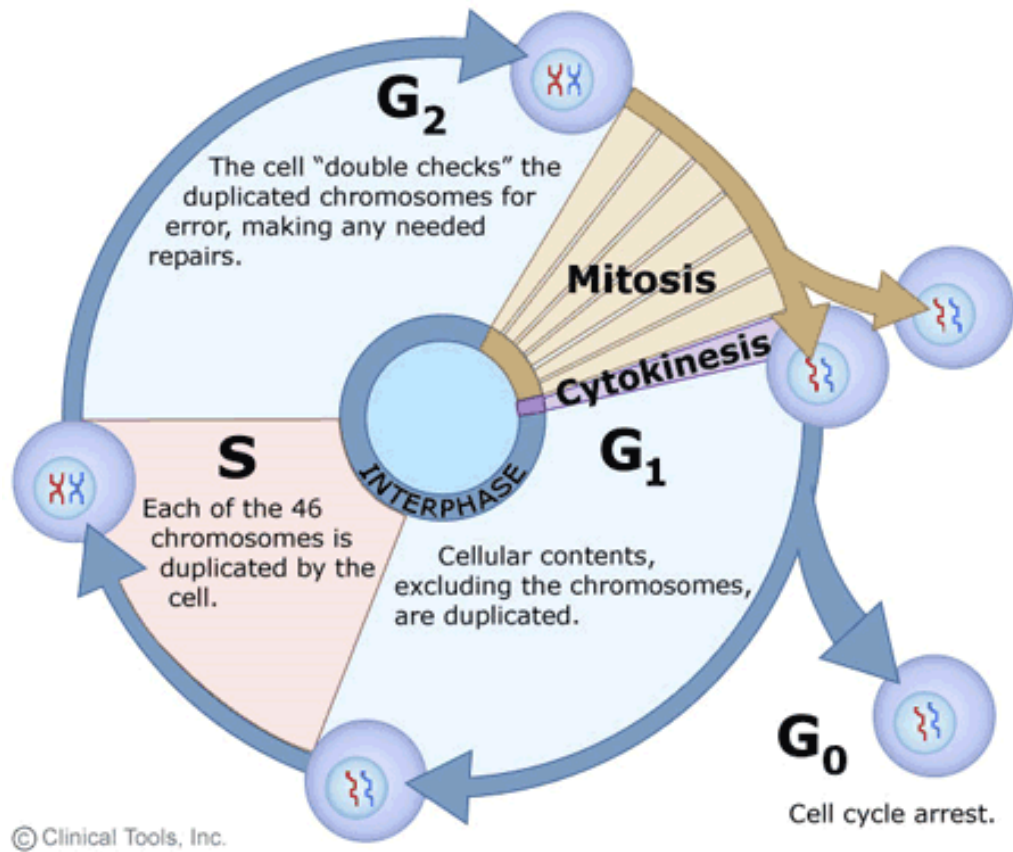
PROSES AMITOSIS

II. Pembelahan Mitosis

1. Merupakan proses pembelahan sel dimana anak hasil pembelahan memiliki jumlah kromosom yang sama dengan sel induknya (identik).
2. Pembelahan ini terjadi pada sel eukariot (mulai dari amuba, alga, jamur, tumbuhan, hewan, manusia)
3. Dilakukan untuk menjaga/mempertahankan jumlah kromosom sel, dimana selnya digunakan untuk regenerasi, pertumbuhan, dan sebagainya.
4. Pada tumbuhan terjadi di jaringan meristem, pada hewan terjadi di sel somatik khusus pada sel yang belum berdiferensiasi.
5. Dibagi menjadi beberapa tahap dan berlangsung cukup lama.

Siklus Sel Mitosis

A. Interfase



Ilustrasi Siklus sel

Interfase merupakan tahap/fase dimana sel istirahat dan mempersiapkan pembelahan sel (sebelum dan setelah membelah). Interfase dibagi menjadi:

1. G1 (Gap 1/Growth 1): 5 - 6 jam

- Volume sel bertambah, organel sel semakin banyak
- Sel bermetabolisme
- Terjadi sintesis protein dan energi (untuk digunakan nanti)

2. S (Sintesis DNA): 12 jam

- Terjadi replikasi/sintesis DNA (butuh protein & energi)
- Terjadi duplikasi kromosom
- Terjadi sintesis protein

3. G2 (Gap 2/Growth 2): 3-4 jam

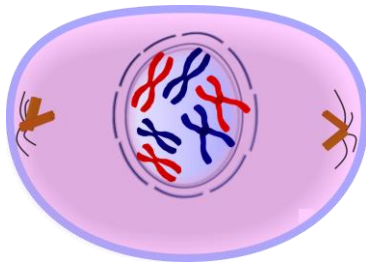
- Persiapan pembelahan
- Terjadi replikasi sentriol dan sintesis protein
- Terjadi peningkatan ATP dan metabolisme

Siklus pembelahan sel sendiri diatur agar tidak berlebihan/ bersifat merugikan bagi organisme yang melakukan. Yang bertanggung jawab mengatur siklus ini adalah enzim cyclin-dependantkinase (CDKS), dimana enzim tersebut menjadi *checkpoint* pada tahap-tahap interfase untuk memastikan persiapan dan pelaksanaan pembelahan terjadi dengan ideal. *Checkpoint* ini terdapat pada:

1. **G1** → mengecek DNA sel, jika rusak sel tidak lanjut membelah.
2. **G2** → memastikan replikasi DNA (pada S) terjadi dengan sempurna.
3. **M** → memastikan kromosom menempel pada spindel dengan benar.

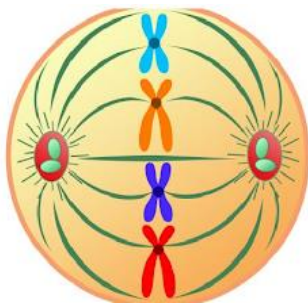
B. Tahapan Mitosis: 2 jam

1. Profase



- a. Benang-benang kromatin menebal/kondensasi dan membentuk kromatid sister → sepasang kromatid sister = kromosom
- b. Nukleus dan membran inti mulai menghilang
- c. Sentrosom bergerak ke dua ujung kutub sel dan mulai menghasilkan benang spindel/mikrotubulus

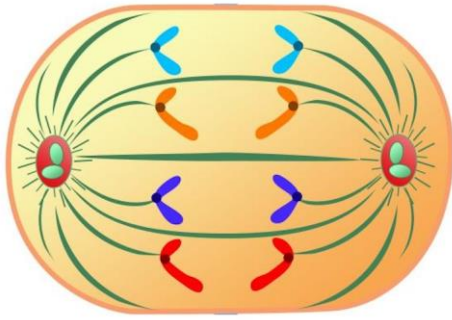
2. Metafase



- a. Kromosom bergerak dan berjajar di ekuator/metaphasic plate.
- b. Benang spindel/mikrotubulus yang dihasilkan sentromer memanjang dan bergerak ke pusat/ke arah jajaran kromosom.
- c. Beberapa benang spindel mengandung

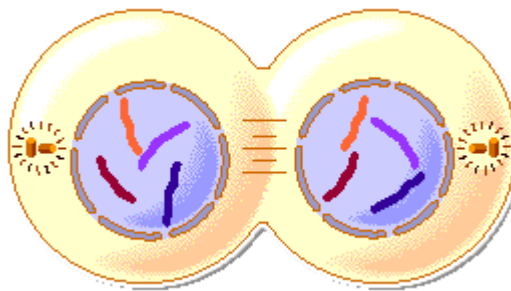
protein kinetokor yang berfungsi menghubungkan benang spindel ke sentrosom kromosom.

3. Anafase

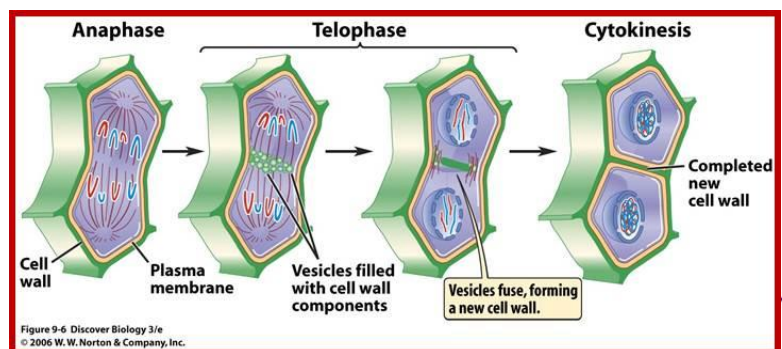


- a. Kinetokor memotong/memisah pasangan kromatid sehingga terbentuk 2 set kromatid yang terpisah satu sama lain.
- b. Benang spindel yang tidak menyambungkan diri dengan kromosom terus memanjang sedangkan yang terhubung tidak sehingga kromatid tertarik ke kedua kutub.

4. Telofase



- a. Kedua set kromosom berpisah makin jauh hingga sampai ke masing-masing kutub.
- b. Benang spindel mulai lenyap dan nukleus serta membran inti mulai terbentuk kembali bersamaan dengan terjadinya sitokinesis.
- c. Kromatid pada tiap kutub kembali ke bentuk kromatin.
- d. Terjadi sitokinesis dimana kedua sel mulai memisah sitoplasmanya:
 - i. Pada sel hewan sitoplasma kedua sel langsung memisah.



- ii. Pada sel tumbuhan terbentuk sel plate yang terbentuk dari vesikel yang memisah sel menjadi dua dan berperan membentuk dinding sel dari kedua sel anak.

III. Pembelahan Meiosis

A. Meiosis 1

1. Profase:

- a. **Leptoten:** Kromatin memendek dan menebal (kondensasi), menyerap zat warna, dan membentuk kromosom.
 - b. **Zigoten:** Sentrosom membelah menjadi dua dan bergerak ke arah kutub yang berlawanan, sementara kromosom homolog mulai saling berpasangan dan membentuk ikatan yang disebut **Sinapsis** (mempersiapkan proses *crossing over* pada Diploten). Pada mitosis, kromosom homolog tidak berpasangan membentuk sinapsis. Struktur ganda dua kromatid (total ada 4 kromatid di satu sinapsis) belum tampak meskipun DNA-nya sudah diduplikasi saat interfase. Sinapsis pada fase ini disebut **bivalen**.
 - c. **Pakiten:** Pasangan kromosom homolog semakin mendekat. Ada 4 kromatid dalam sinapsis tampak jelas sehingga struktur ini dinamakan **tetrad**. Proses sintesis/duplikasi DNA terjadi di interfase, subfase S (sintesis). Di buku paket, proses ini dibahasakan dengan “penggandaan kromosom”.
 - d. **Diploten:** Kromosom homolog saling menjauh tetapi pada bagian tertentu terjadi pelekatan berbentuk X yang disebut **kiasma** yang merupakan tempat terjadinya ‘Crossing Over’ atau pertukaran materi genetik.
 - e. **Diakinesis:** Benang spindel mulai menempel pada pasangan kromosom dan dua sentriol sudah sampai pada kutub yang berlawanan. Proses ini diakhiri dengan membran inti yang mulai rusak dan hilangnya nukleus.
2. **Metafase 1:** kromosom berjajar di metaphase plate, terbentuk 2 baris kromosom dibanding mitosis yang hanya 1 baris. Benang

spindel/mikrotubulus yang dibentuk sentriol sudah melekat pada kromosom dengan kinetokor (menjadi mikrotubulus kinetokor)

- 3. Anafase 1:** mikrotubulus kinetokor memendek sedangkan mikrotubulus non kinetokor (yang tidak melekat pada kromosom) memanjang, sehingga sel bertambah panjang sedangkan kromosom terpisah/tertarik ke tiap kutub.
- 4. Telofase 1:** kromatid (pasangan kromosom yang sudah bersilang) sudah terpisah dan sampai ke masing-masing kutub. Kedua sel mulai memisahkan sitoplasma (sitokinesis). Sel anak yang dihasilkan adalah 2 sel haploid (n) yang berbeda dari induk dan jumlah kromosomnya $\frac{1}{2}$ dari jumlah kromosom induk.

B. Meiosis 2

- 1. Interkinesis:** Fase istirahat setelah meiosis 1 (tidak terjadi apa-apa)
- 2. Profase 2:** tiap sel anak dengan kromosom hasil pindah silangnya memendek dan menebal (kondensasi) dan terjadi duplikasi sentriol yang kemudian pergi ke tiap kutub dan membentuk benang spindel.
- 3. Metafase 2:** kromosom yang terbentuk atas 2 kromatid (seperti huruf X) berjajar di bidang ekuator dan terjadi pembelahan kromosom (sama dengan mitosis).
- 4. Anafase 2:** tiap kromatid tunggal terpisah dan bergerak ke kutub berlawanan (sama dengan mitosis).
- 5. Telofase 2:** tiap sel membentuk dua sel anak haploid (sehingga terbentuk 4 sel anak). Tiap anak sel memiliki sifat yang berbeda satu sama lain dan dengan induknya namun jumlah kromosomnya sama ($\frac{1}{2}$ dari jumlah kromosom induk).

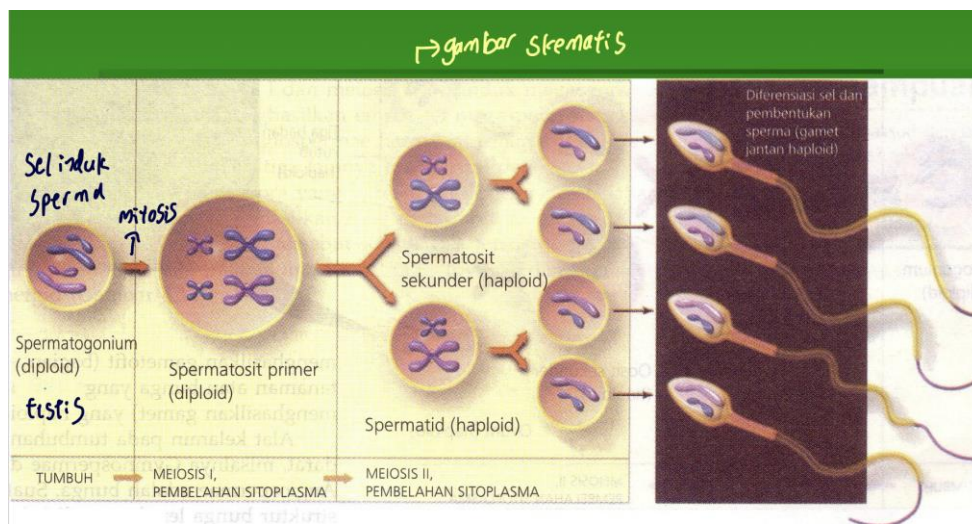


IV. Perbedaan Pembelahan Mitosis dan Meiosis

PEMBEDA	MITOSIS	MEIOSIS
Sel yang membelah	Sel Somatik (Tubuh)	Sel Gamet
Jumlah pembelahan	Satu kali	Dua kali
Jumlah sel anak	Dua	Empat
Sifat sel anak	Identik antara induk dengan anak dan anak dengan anak	Semua sel anak berbeda dari induk dan tiap anak berbeda
Jumlah kromosom sel anak	Sama dengan induk	Setengah jumlah kromosom induk
Pindah silang/ <i>crossing over</i>	Tidak terjadi	Terjadi pada saat diploten
Sinapsis dan kiasma	Tidak terbentuk	Terbentuk pada profase 1
Fungsi	Uniseluler: perkembangbiakkan aseksual	Reduksi jumlah kromosom dalam sel gamet agar saat fertilisasi jumlah kromosom generasi baru yang dihasilkan tetap sama (reproduksi seksual)
	Multiseluler: pertumbuhan dan regenerasi	

V. Gametogenesis

A. Spermatogenesis



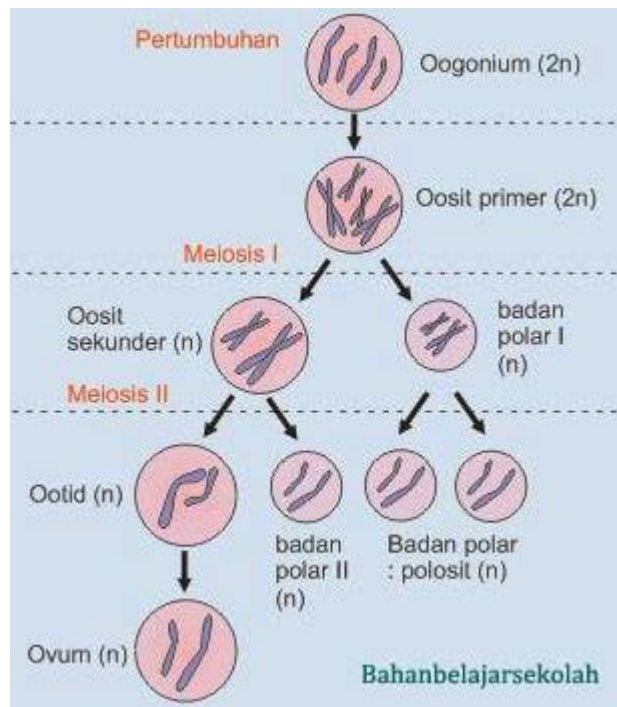
Proses pembentukan dan pemasakan spermatozoa disebut spermatogenesis. Spermatogenesis terjadi di tubulus seminiferus. Spermatogenesis mencakup pematangan sel epitel germinal melalui proses pembelahan dan diferensiasi sel, yang bertujuan untuk membentuk sperma fungsional.

Proses meliputi:

- Spermatogonium (tahap pertama spermatogenesis dihasilkan oleh testis, terbentuk dari 46 kromosom + 2N Kromatid/diploid)
<mitosis>
- Spermatosit primer (merupakan hasil mitosis spermatogonium, terbentuk dari 46 kromosom dan 2N kromatid.)
<meiosis I>
- Spermatosit sekunder (merupakan hasil meiosis spermatosit primer, Spermatosit sekunder terdiri dari 23 kromosom dan 2N kromatid.)
<meiosis II>
- Spermatid (merupakan hasil meiosis dari spermatosit sekunder, Spermatid terdiri dari 23 kromosom dan 1N kromatid.)
<diferensiasi>

- Sperma (Sperma merupakan diferensiasi atau pematangan dari spermatid. Pada tahap ini terjadi diferensiasi. Sperma terbentuk dari 23 kromosom dan 1N kromatid dan merupakan tahap sperma yang telah dewasa dan siap dikeluarkan/hasil akhir)

B. Oogenesis



- Merupakan proses pembentukan sel gamet betina pada hewan dan manusia. Hasil oogenesis adalah sel ovum/telur. Proses ini terjadi pada ovarium dan berlangsung dari saat janin masih berkembang di dalam kandungan, dan dilanjutkan setelah masa pubertas.
- Berhenti ketika terjadi menopause. Oogenesis secara spesifik berlangsung dalam perkembangan folikel. Saat oogenesis terjadi dengan sempurna terjadilah ovulasi

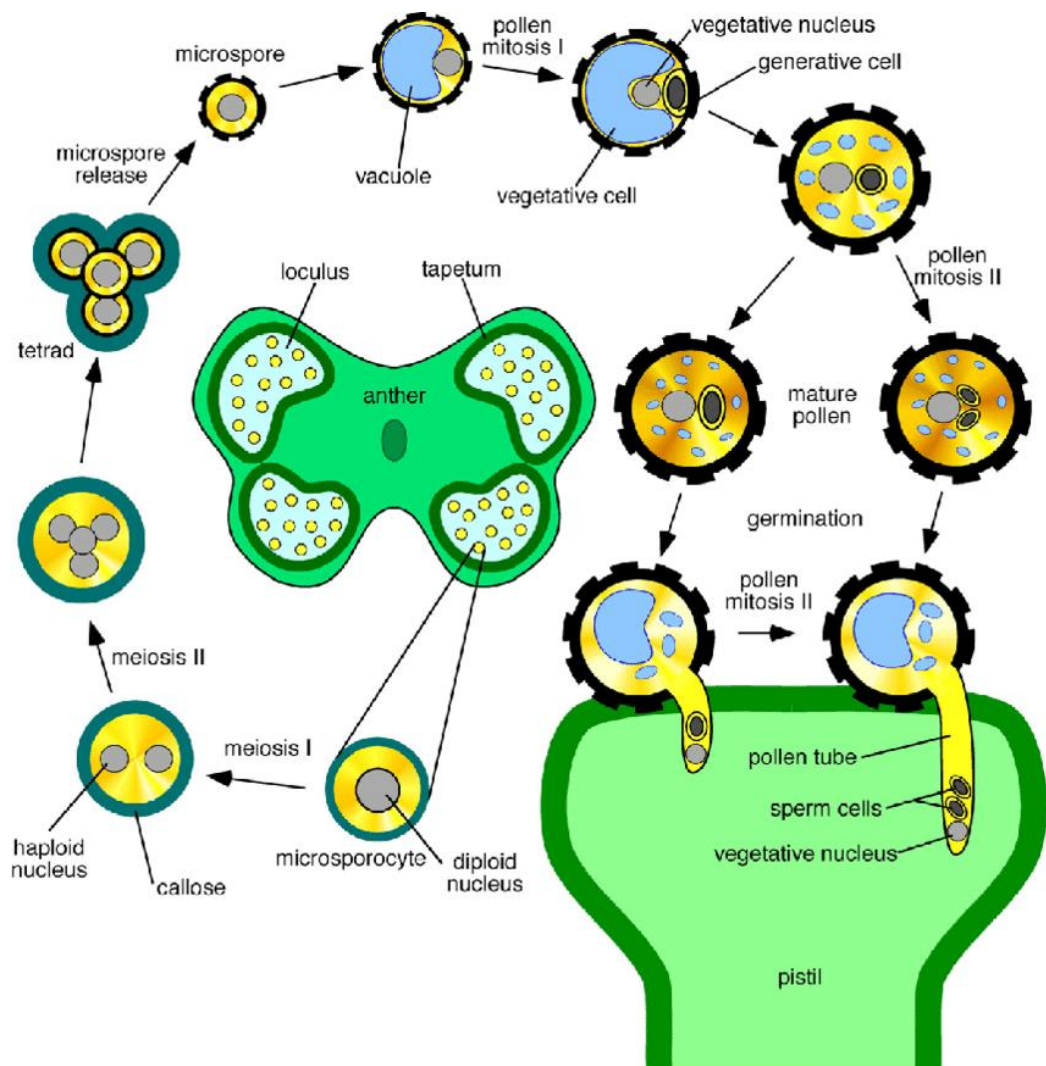
Oogenesis:

Semua tahapan oogenesis terjadi di dalam folikel.

- Dalam janin oogonium bermitosis berkali-kali hingga banyak menjadi oogonia (2n) (plural dari oogonium).

- Setelah pubertas oogonia bermigrasi ke jaringan ikat ovarium dan berkembang menjadi oosit primer.
- Oosit primer bermeiosis I membentuk dua sel anak haploid (n), badan polar pertama (sel kecil yang mati) dan oosit sekunder (sel besar).
- Oosit sekunder kemudian bermeiosis II membentuk dua sel haploid, badan polar kedua (mati juga) dan sel telur/ovum.
- Sel telur/ovum yang belum matang (oosit sekunder) dilepaskan dari folikel melalui ovulasi.

C. Mikrosporogenesis (di Angiospermae)

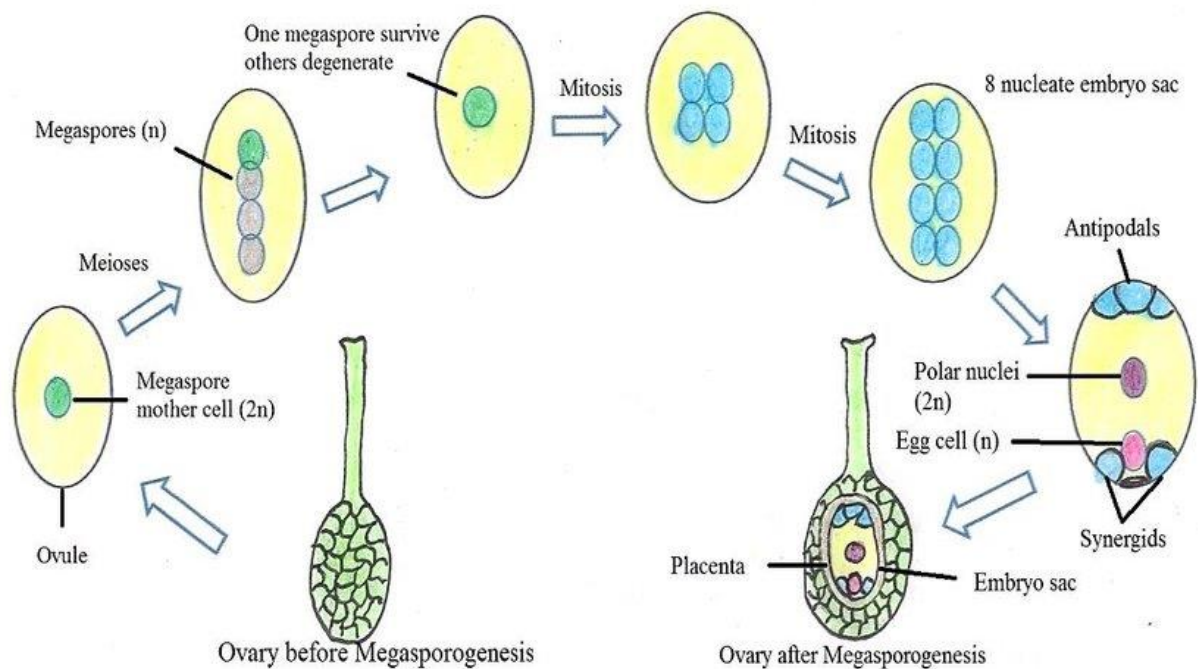


Mikrosporogenesis adalah pembentukan gamet jantan pada tumbuhan, terjadi di kantong spora (microsporangium, singular).

Tahapannya:

- mikrosporosit
<meiosis I dan II>
- 4 haploid nukleus (masih satu dinding sel)
<perkembangan, masing-masing nukleus dapat dinding sel>
- Mikrospora
<mitosis, tanpa sitokinesis>
- Serbuk sari yang terdiri dari nukleus generatif dan nukleus vegetatif dalam satu dinding sel
<serbuk sari dilepaskan dari kantong spora, lalu penyerbukan/polinasi>
- Serbuk sari berkecambah di kepala putik/stigma menjadi jalan masuk nukleus generatif
<nukleus generatif bermitosis>
- 2 Sperma dan 1 inti vegetatif

D. Makrosporogenesis/megasporogenesis (di Angiospermae)



Pembentukan gamet betina di tumbuhan disebut makrosporogenesis. Terjadi di putik bunga

Proses meliputi:

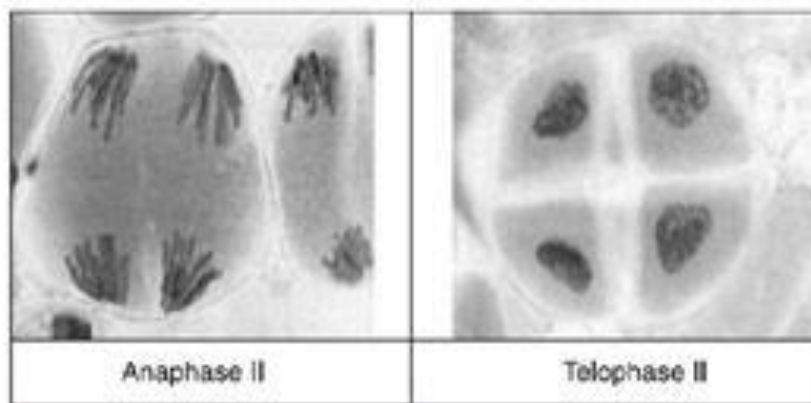
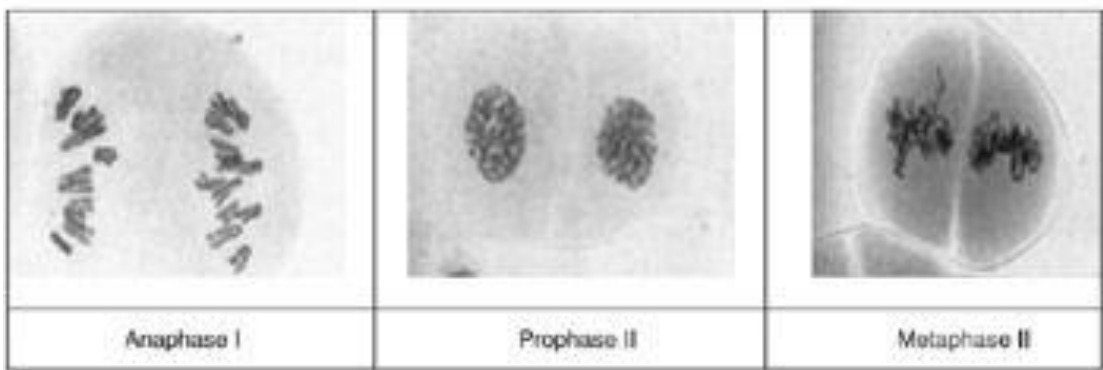
- Makrosporosit (sel induk makrospora)
<meiosis I dan II>
- Makrospora (hanya satu dari 4 yang bertahan hidup, yang lain terdegenerasi)
<mitosis 3 kali, tanpa sitokinesis>
- 8 nukleus haploid
<perkembangan>
- 2 nukleus di tengah berfusi jadi inti kandung lembaga sekunder ($2n$), 1 jadi ovum, 2 jadi sinergid, 3 lainnya jadi antipoda (posisi lihat gambar)

Keterangan

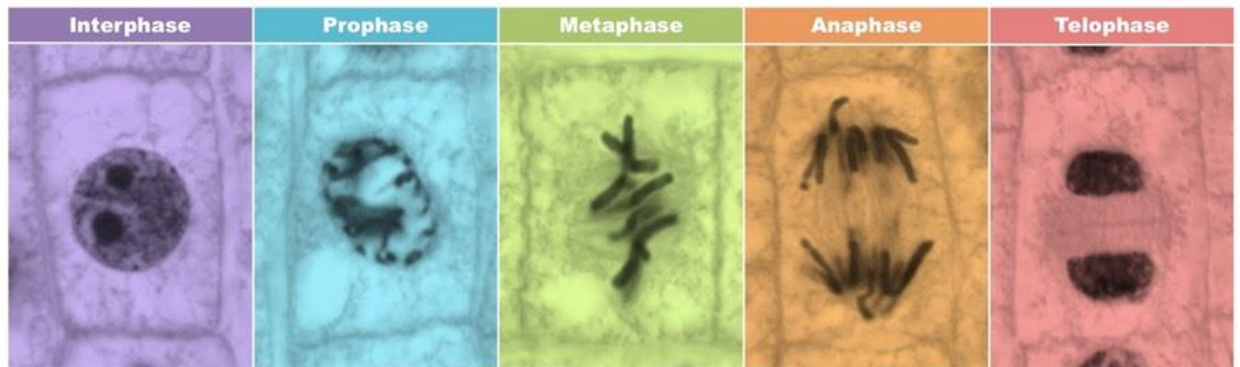
- Sinergid: mengapit ovum dan mengarahkan sperma ke ovum;
- inti kandung lembaga sekunder: dibuahi oleh sperma menjadi endosperma ($3n$);
- ovum: dibuahi sperma menjadi embrio tumbuhan;
- antipoda: fungsi tidak diketahui;
- endosperma: sumber makanan embrio
- Ada 2 pembuahan (inti kandung lembaga sekunder dan ovum) sehingga disebut pembuahan ganda

VI. Pembelahan Sel Diamati dari Mikroskop

Sel hewan:



Sel tumbuhan:



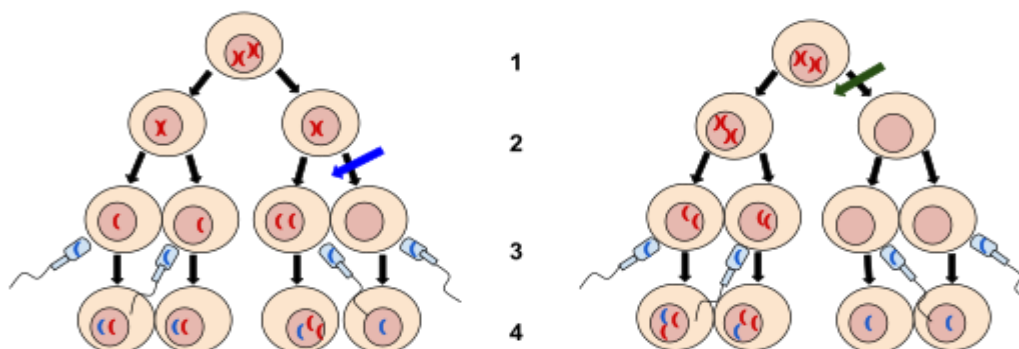
VII. Kesalahan pada Pembelahan Sel

Kromatid bersaudara pada **anafase** seharusnya berpisah ke 2 kutub yang berlawanan. Kesalahan pada proses ini (gagal membelah/berpisah) bisa membawa sindrom pada sel tersebut. Kelebihan maupun kekurangan beberapa jumlah kromosom pada sel dinamakan **aneuploidi**.

Pada mitosis, gagal membelah bisa mengarah pada pembentukan sel kanker.

Pada meiosis, hasil gagal membelah akan diwariskan ke semua sel tubuh dan menyebabkan beberapa penyakit (di manusia):

- Down syndrome: kelebihan satu kromosom di nomor 21 (trisomi 21)
- Edward syndrome: trisomi 18
- Patau syndrome: trisomi 13
- Turner syndrome: monosomi 23 (kromosom seks, X0)



Gagal membelah (nondisjunction) bisa terjadi pada meiosis I maupun II. Bedanya: meiosis I yang gagal membelah adalah pasangan kromosom homolog (gambar kanan); meiosis II yang gagal membelah adalah sister kromatid dari satu kromosom

(gambar kiri). Nondisjunction di meiosis I akan menyebabkan aneuploidi di ke-4 anakan. Sementara nondisjunction di meiosis II akan menyebabkan aneuploidi di anakan sel yang gagal membelah saja.



Dibuat oleh
falseozone, Samuel A., Centrino