



**MODUL MATA KULIAH BIOLOGI SEL
(NCA 103)**

Topik :

**PEMBELAHAN MEIOSIS, GAMETOGENESIS DAN
PERBEDAAN MITOSIS DAN MEIOSIS**

DISUSUN OLEH :

Dr. TITTA NOVIANTI, S.Si., M.Biomed.

Universitas
Esa Unggul

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

2020

PEMBELAHAN MEIOSIS, GAMETOGENESIS DAN PERBEDAAN MITOSIS DAN MEIOSIS

A. Kemampuan Akhir Yang Diharapkan

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan mahasiswa mampu :

1. Menjelaskan pengertian pembelahan meiosis
2. Menganalisis proses gametogenesis
3. Menjelaskan tentang perbedaan pembelahan sel meiosis dan mitosis

B. Uraian

1. Pengertian

Sejarah penemuan meiosis dijelaskan oleh Edouard van Beneden pada tahun 1883 ketika mengamati telur cacing *Ascaris* sp. yang mengandung kromosom yang hanya separuh dari jumlah kromosom yang terdapat di sel somatis. Pembelahan meiosis berasal dari kata *meioun* yang artinya pengurangan.

Pembelahan meiosis adalah proses pembelahan bersifat reduksi yang bertujuan untuk menghasilkan gamet. Mengapa pembelahan meiosis disebut juga pembelahan reduksi? Hal ini dikarenakan terjadi pengurangan jumlah kromosom diploid ($2n$) menjadi haploid (n). Pembelahan meiosis terjadi pada sel penghasil gamet seperti organ kelamin jantan dan betina.

Pembelahan meiosis terjadi pada sel-sel gamet yaitu sperma dan ovum. Pembelahan meiosis sering disebut dengan proses pembelahan sel secara reduksi, karena proses yang dihasilkan adalah sel-sel anakan dengan jumlah kromosom setengah / separuh dari kromosom indukannya. Hal ini sangat berhubungan dengan tujuan utama dari pembelahan itu sendiri, yakni untuk mempertahankan agar sejumlah bagian kromosom dari generasi ke generasi yang saling turun temurun akan selalu tetap sehingga itu dapat membantu mempertahankan terhadap eksistensi dari jenis-jenis yang ada.

Ciri-ciri pembelahan meiosis adalah membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan pembelahan mitosis serta dengan proses yang lebih kompleks. Meiosis dibagi menjadi dua pembelahan nukleus (kariokinesis), yaitu meiosis I dan meiosis II. Perbedaan Meiosis 1 dan Meiosis 2 yang paling menonjol adalah adanya pindah silang dan penggandaan kromosom.

Tujuan dari pembelahan meiosis yakni:

1. Menghasilkan gamet
2. Mengurangi separuh jumlah kromosom
3. Meningkatkan variabilitas genetik pada gamet

Sel tubuh kita memiliki 46 buah kromosom. Yakni 23 buah kromosom ataupun setengah bagian dari jumlah kromosom tersebut yang dimiliki anakan berasal dari ayah, kemudian 23 buah kromosom sisanya tersebut berasal dari ibu. Jadi, anakan memiliki sifat gabungan antara sifat-sifat yang dimiliki oleh ayah dan juga ibu. Bagian kromosom yang dimiliki oleh anakan ini, adalah hasil dari sebuah proses fertilisasi (biasanya sering disebut dengan proses pembuahan) yang berasal dari gabungan antara sperma ayah (sejumlah setengah yakni 23 buah kromosom) dan ovum ibu (sejumlah setengah yakni 23 buah kromosom).



Gambar 1. Proses fertilisasi sel telur dan sperma yang masing-masing membawa 23 kromosom sehingga menghasilkan embrio yang mengandung 46 kromosom (gabungan kromosom sperma dan telur)

Pada proses akhir, akan membentuk zigot yang memiliki sejumlah 46 buah kromosom. Zigot ini, kemudian nantinya akan mengalami proses membelah secara mitosis dengan berulang-ulang, dan selanjutnya akan menjadi sejumlah sel yang sangat banyak bahkan sampai triliunan sel penyusun bagian tubuh. Proses pembelahan sel secara meiosis bisa terjadi pada saat proses pembentukan gamet. Jika pada tumbuhan suatu proses pembentukan gamet bisa berlangsung di bagian-bagian dalam sebuah bunga yakni pada bagian kepala sari dan juga bagian ruang bakal biji. Pada saat terjadinya proses pembelahan sel secara meiosis pada bagian kepala sari dan juga bagian ruang bakal biji ialah salah satu kejadian / fenomena proses pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan.

Dalam proses pembentukan gamet pada bagian kepala sari dan juga bagian ruang bakal biji melewati proses pembelahan sel secara meiosis diharapkan supaya set kromosom anak yang akan dihasilkan dari proses fertilisasi yakni sama dengan indukannya. Pada proses pembelahan meiosis dari sel-sel indukan yang memiliki sifat diploid yang akan dihasilkan sebanyak 4 buah sel-sel anak yang memiliki sifat haploid. Pembelahan sel secara meiosis juga ditandai dengan suatu fase persiapan untuk proses pembelahan sel. Pada Fase persiapan ini, biasa disebut dengan tahap interfase. Tahap ini, aktivasi pada sel-sel sama seperti halnya pada pembelahan sel secara mitosis, yakni terjadinya proses peningkatan aktivitas pada metabolisme, proses sintesis protein, proses replikasi DNA, dan juga proses replikasi (penggandaan) pada organel seperti contohnya sentriol.

2. Proses pembelahan Meiosis

Pembelahan meiosis terjadi melalui 2 proses yakni meiosis I dan meiosis II. Pada proses meiosis I, biasanya akan terjadi proses reduksi pada kromosom, karena yang sudah terjadi merupakan proses pembagian pada kromosom yang memiliki sifat homolog, sedangkan pada proses meiosis II, sesungguhnya merupakan pembelahan sel secara mitosis, karena yang akan terjadi disini adalah tahapan pembagian pada kromatid bersaudara yang akan menjadi kromosom. Baik pada proses meiosis I maupun pada proses meiosis II terdiri dari beberapa fase yakni, fase profase, fase metafase, fase anafase, dan juga fase telofase. Di antara proses pada meiosis I dengan proses pada meiosis II tidak terdapat tahap interfase

Meiosis dapat dibagi menjadi meiosis I dan meiosis II. Tahapannya terdiri dari profase I, metafase I, anafase I, telofase I, profase II, metafase II, anafase II, dan telofase II. Tahapan pada meiosis II (profase II hingga telofase II) memiliki kemiripan dengan tahapan pada mitosis.

Meiosis I

a. Profase I

Pada tahap ini, benang-benang kromatin akan mengalami proses pemendekan dan penebalan sehingga bisa membentuk sebuah kromosom. Pada setiap bagian dari kromosom yang terdiri dari dua bagian kromatid yang akan bergabung dengan homolognya sendiri. Proses tersebut biasanya dinamakan dengan proses sinapsis. Pasangan-pasangan dari kromosom yang memiliki sifat homolog tersebut akan terlihat memiliki empat buah kromatid sehingga biasa dinamakan dengan tetrad.

Pada saat proses pembentukan sebuah tetrad, maka proses pertukaran antar bagian dari kromatid bisa terjadi. Hal ini biasa dinamakan sebagai proses pindah silang atau (sering disebut dengan crossing over). Selanjutnya bagian inti kemudian akan

melakukan proses menghilang dan juga pada benang-benang spindel dapat dibentuk. Benang-benang spindel akan membawa bagian tetrad untuk menuju ke bagian bidang pembelahan atau sering disebut dengan bidang ekuator.

Peristiwa pindah silang (*crossing over*) tersebut yang terjadi pada tahap profase I adalah penyebab terjadinya perbedaan antara sifat yang dimiliki pada sel-sel hasil pembelahan sel secara meiosis. Hal tersebut, juga bisa mengakibatkan tidak adanya kromosom-kromosom yang benar-benar tampak dan terlihat mirip. Tentunya dalam tahapan ini akan sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat yang dimiliki oleh sel-sel keturunannya. Pada tahapan profase I, terbagi menjadi beberapa bagian subfase yang berdasarkan struktur dan juga tingkah laku dari kromosom. Berikut ini adapun ciri dari masing-masing subfase, yakni sebagai berikut :

Profase I pada meiosis waktunya lebih lama serta lebih kompleks dibandingkan dengan profase pada mitosis. Tahapan ini terdiri dari beberapa tahap antara lain:

a) Leptonema

Leptonema / Leptoten adalah tahapan terjadinya **penggandaan** kromosom menjadi **kromatid kembar (*sister chromatids*)**. Namun, dalam pengamatan mikroskop bentuknya masih seperti benang tunggal tipis yang memanjang.

b) Zigonema

Zigonema / Zigoten adalah tahapan terjadinya tiap kromosom homolog berpasangan membentuk struktur bivalen yang dinamakan **sinapsis**. Tiap kromosom mengalami penggandaan menjadi dua kromatid kembar yang mana tiap bivalen terdapat empat kromatid kembar. Kompleks empat kromatid tersebut dinamakan tetrad.

c) Pakinema

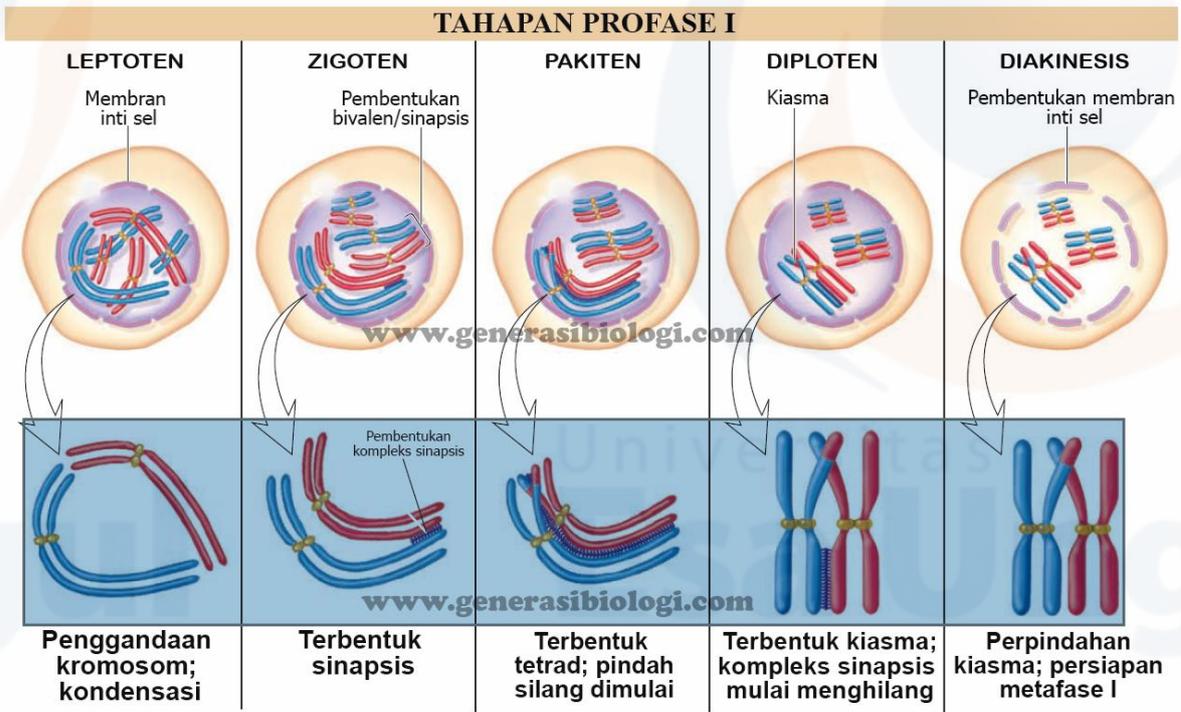
Pakinema / Pakiten adalah tahapan terjadinya penampakan visual pertama kalinya struktur **tetrad**. Tahapan ini juga mulai terjadi pindah silang (*crossing over*), yakni pertukaran materi genetik antara kromatid paternal dengan kromatid maternal.

d) Diplonema

Diplonema / Diploten adalah tahapan terjadinya penampakan secara visual tempat terjadinya pindah silang yang disebut **kiasma** (jamak = kiasmata).

e) Diakinesis

Diakinesis adalah tahapan terjadinya **perpindahan kiasma** bergeser ke ujung kromosom. Tiap kromatid anggota tetrad semakin pendek, menebal, dan bergerak ke arah bidang ekuator sel. Nukleolus dan membran nukleus menghilang. Mikrotubulus / benang spindel yang keluar dari sentriol semakin memanjang dan menempel pada kinetokor.



Gambar 2. Tahapn proses Meiosis 1

b. Metafase I

Pada tahapan ini tetrad kromosom berada pada bidang tengah sel (ekuator). Pada tahapan ini susunan kromosom meiosis dapat dibedakan dengan kromosom mitosis yakni tidak adanya struktur tetrad pada kromosom mitosis.

c. Anafase I

Tahapan ini tiap kromosom homolog yang masing-masing terdiri atas dua kromatid kembar bergerak ke kutub sel yang berlawanan.

d. Telofase I

Masing-masing kromosom homolog telah mencapai kutub sel yang berlawanan. Pada tahapan ini diikuti sitokinesis dan interfase singkat yang langsung ke proses meiosis

Meiosis II

a. Profase I

Kromatid kembar masih melekat pada sentromer

b. Metafase I

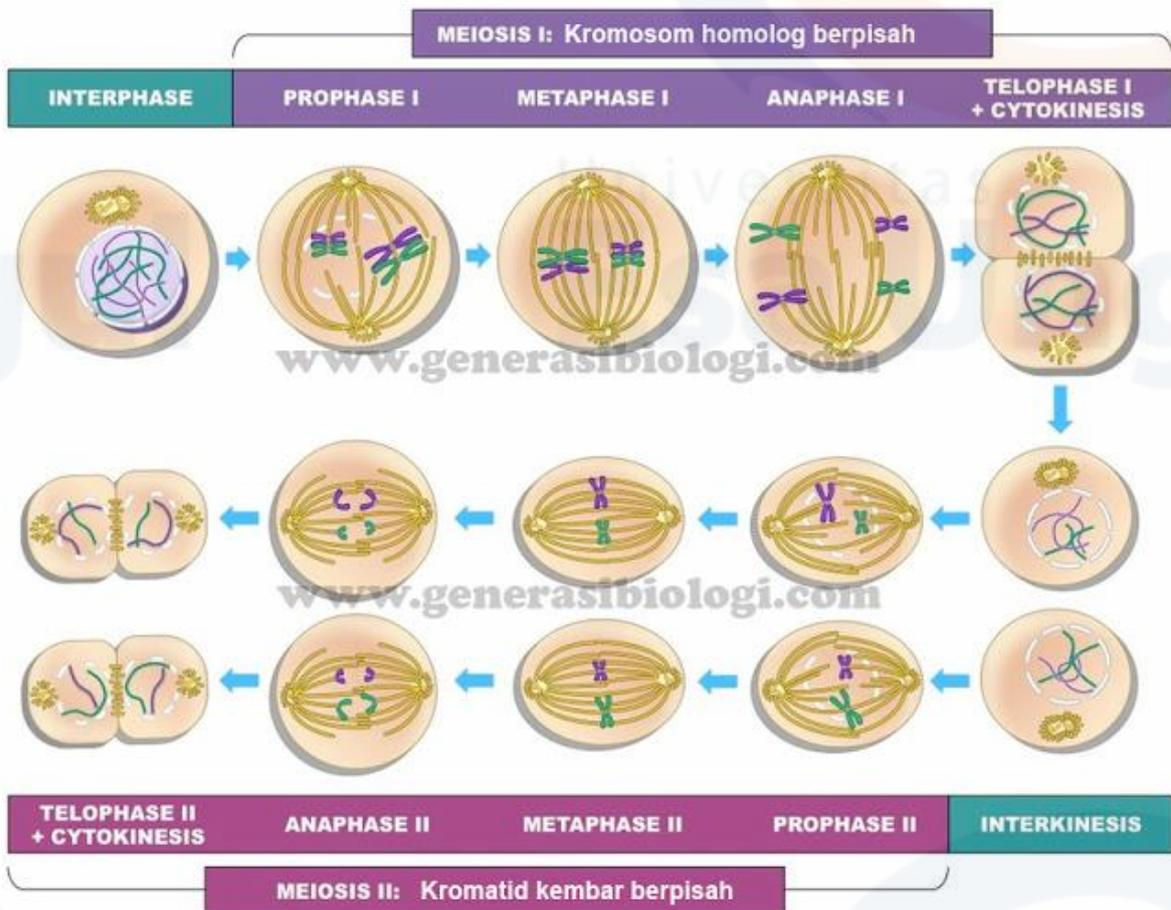
Tiap kromatid kembar berjejer di bidang ekuator pembelahan. Terbentuk benang spindel yang menempel pada sentromer ke arah berlawanan di kutub sel.

c. Anafase I

Benang spindel menarik komatid menuju kutub pembelahan sel sehingga menyebabkan kromatid kembar berpisah.

d. Telofase I

Kromosom berada di kutub pembelahan yang kemudian dilanjutkan dengan sitokinesis menjadi 4 sel yang masing-masing sel terdiri dari kromosom haploid (setengah dari jumlah kromosom induk).



Gambar 3. Tahapan proses meiosis 2

3. Gametogenesis

Gametogenesis adalah proses pembentukan gamet atau sel kelamin. Sel gamet terdiri dari gamet jantan (spermatozoa) yang dihasilkan di testis dan gamet betina (ovum) yang dihasilkan di ovarium. Sel gamet akan mengalami proses pembelahan sel secara meiosis. Gametogenesis terdiri 4 tahap : perbanyakan, pertumbuhan, pematangan dan perubahan bentuk. Gametogenesis ada dua yaitu spermatogenesis dan oogenesis.

a. Spermatogenesis

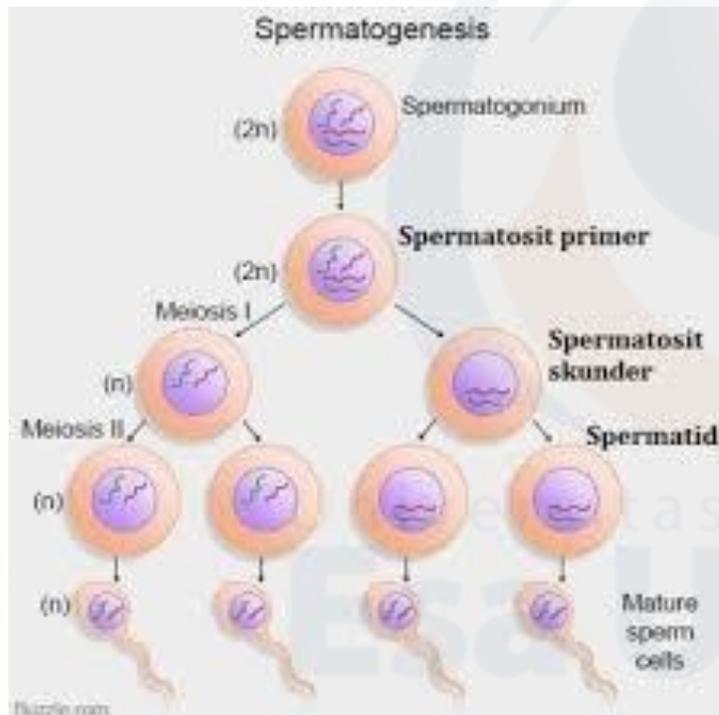
Spermatogenesis adalah proses pembentukan sel spermatozoa (tunggal : spermatozoon) yang terjadi di organ kelamin (gonad) jantan yaitu testis tepatnya di tubulus

seminiferus. Sel spermatozoa, disingkat sperma yang bersifat haploid (n) dibentuk di dalam testis melewati sebuah proses kompleks.

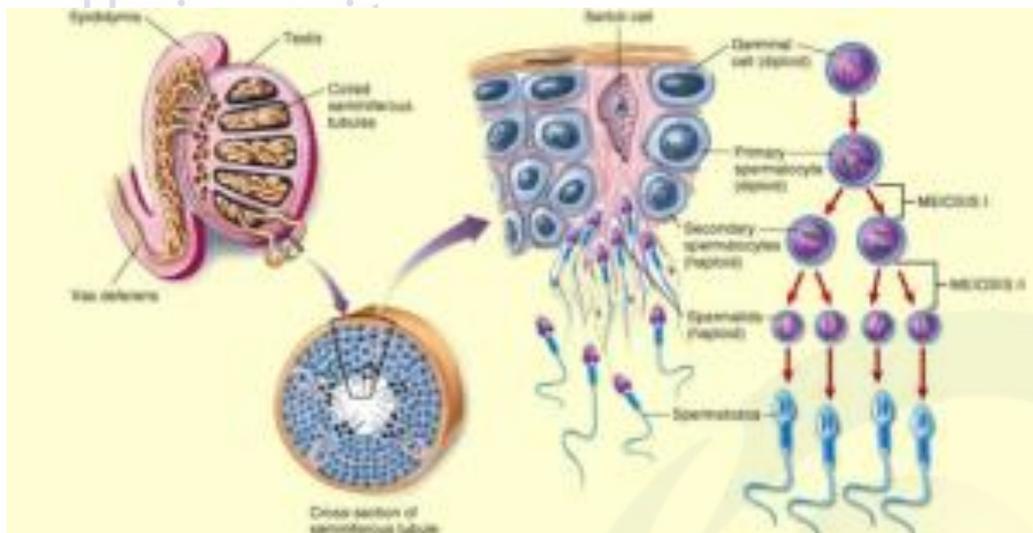
Spermatogenesis mencakup pematangan sel epitel germinal dengan melalui proses pembelahan dan diferensiasi sel. Pematangan sel terjadi di tubulus seminiferus yang kemudian disimpan dalam epididimis. Tubulus seminiferus terdiri dari sejumlah besar sel germinal yang disebut spermatogonia (jamak). Spermatogonia terletak di dua sampai tiga lapis luar sel-sel epitel tubulus seminiferus. Spermatogonia berdiferensiasi melalui tahap-tahap perkembangan tertentu untuk membentuk sperma.

Pada proses spermatogenesis terjadi proses-proses dalam istilah sebagai berikut : Spermatositogenesis (spermatocytogenesis) adalah tahap awal dari spermatogenesis yaitu peristiwa pembelahan spermatogonium menjadi spermatosit primer (mitosis), selanjutnya spermatosit melanjutkan pembelahan secara meiosis menjadi spermatosit sekunder dan spermatid. Istilah ini biasa disingkat proses pembelahan sel dari spermatogonium menjadi spermatid.

Spermiogenesis (spermiogenesis) adalah peristiwa perubahan spermatid menjadi sperma yang dewasa. Spermiogenesis terjadi di dalam epididimis dan membutuhkan waktu selama 2 hari. Terbagi menjadi tahap 1) Pembentukan golgi, axonema dan kondensasi DNA, 2) Pembentukan cap akrosom, 3) pembentukan bagian ekor, 4) Maturasi, reduksi sitoplasma difagosit oleh sel Sertoli. Spermiasi (Spermiation) adalah peristiwa pelepasan sperma matur dari sel sertoli ke lumen tubulus seminiferus selanjutnya ke epididimis. Sperma belum memiliki kemampuan bergerak sendiri (non-motil). Sperma non motil ini ditranspor dalam cairan testicular hasil sekresi sel Sertoli dan bergerak menuju epididimis karena kontraksi otot peritubuler.



Gambar 4. Spermatogenesis



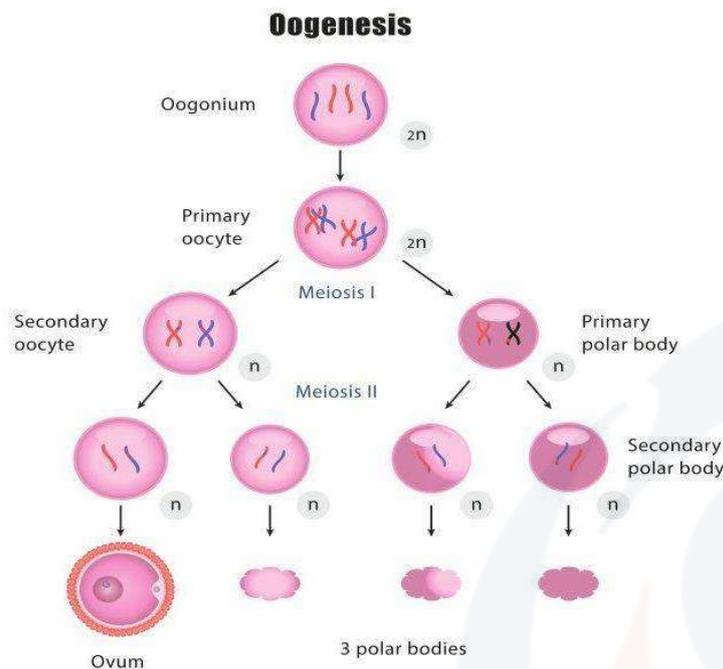
Gambar 5. Spermatogenesis pada testis

b. Oogenesis

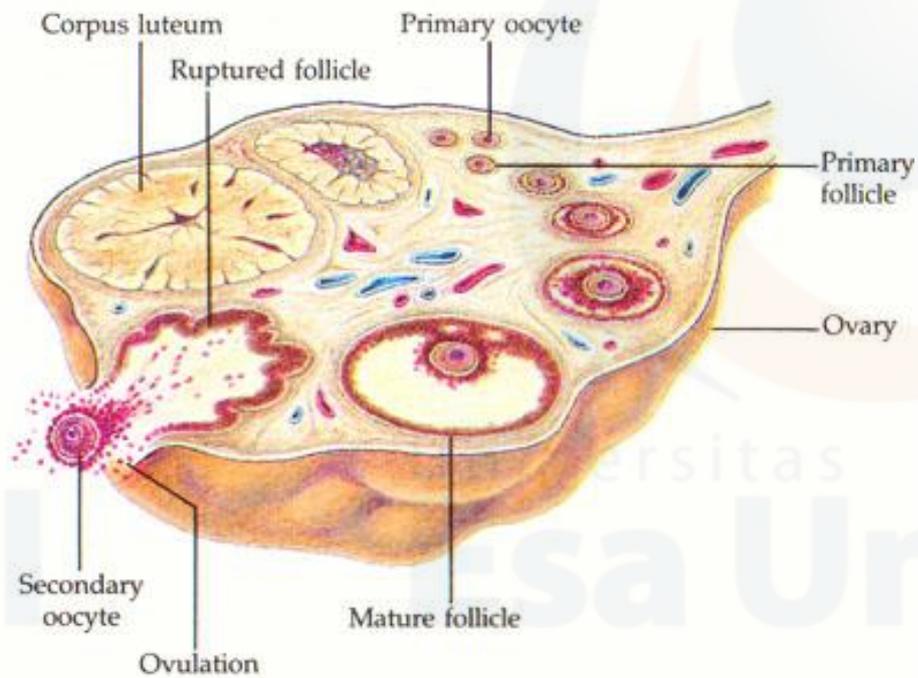
Oogenesis adalah proses pembentukan sel telur (ovum) di dalam ovarium. Oogenesis dimulai dengan pembentukan bakal sel-sel telur yang disebut oogonia (tunggal: oogonium). Pembentukan sel telur pada manusia dimulai sejak di dalam kandungan, yaitu di dalam ovarium fetus perempuan. Pada akhir bulan ketiga usia fetus, semua oogonia yang bersifat diploid telah selesai dibentuk dan siap memasuki tahap pembelahan. Semula oogonia membelah secara mitosis menghasilkan oosit primer.

Pada perkembangan fetus selanjutnya, semua oosit primer membelah secara miosis, tetapi hanya sampai fase profase. Pembelahan miosis tersebut berhenti hingga bayi perempuan dilahirkan, ovariumnya mampu menghasilkan sekitar 2 juta oosit primer mengalami kematian setiap hari sampai masa pubertas. Memasuki masa pubertas, oosit melanjutkan pembelahan miosis I. hasil pembelahan tersebut berupa dua sel haploid, satu sel yang besar disebut oosit sekunder dan satu sel berukuran lebih kecil disebut badan kutub primer.

Pada tahap selanjutnya, oosit sekunder dan badan kutub primer akan mengalami pembelahan miosis II. Pada saat itu, oosit sekunder akan membelah menjadi dua sel, yaitu satu sel berukuran normal disebut ootid dan satu lagi berukuran lebih kecil disebut badan polar sekunder. Badan kutub tersebut bergabung dengan dua badan kutub sekunder lainnya yang berasal dari pembelahan badan kutub primer sehingga diperoleh tiga badan kutub sekunder. Ootid mengalami perkembangan lebih lanjut menjadi ovum matang, sedangkan ketiga badan kutub mengalami degenerasi (hancur). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pada oogenesis hanya menghasilkan satu ovum.



Gambar 6. Proses oogenesis



Gambar 7. Oogenesis pada ovarium

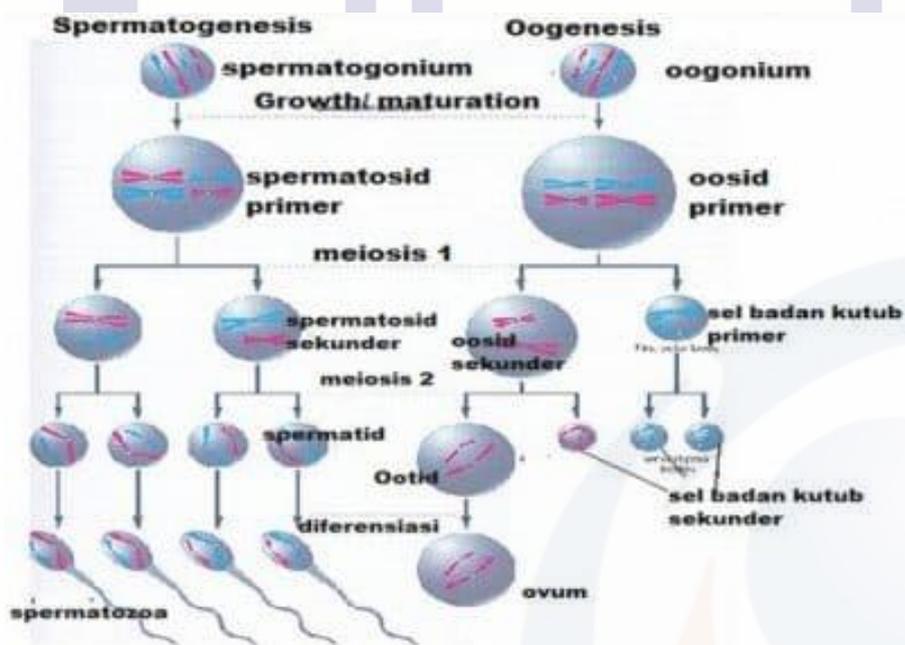
c. Perbedaan Spermatogenesis dan Oogenesis

Umumnya spesies yang mengalami reproduksi seksual, sel telur mengandung setengah materi genetik dari individu dewasa. Reproduksi yang terjadi disaat sel telur dibuahi oleh gamet jantan, atau sperma. Sperma berisi setengah bahan genetik dari individu yang matang, sehingga embrio yang dibentuk oleh fertilisasi berisi set lengkap materi genetik, setengah sel telur dan setengah dari sperma.

Spermatogenesis dan Oogenesis memiliki perbedaan yang mencakup hasil pembelahan, proses pembelahan dan organ yang mengalami gametogenesis.

Tabel 1. Perbedaan Spermatogenesis dan Oogenesis

No	Karakteristik	Spermatogenesis	oogenesis
1	Sel gamet	sperma	Ovum
2	Organ	testis	Ovarium
3	Hasil pembelahan	4 spermatozoa fungsional	ovum tunggal dari 3 badan polar Oosit
4	hasil sitokinesis	dua sel berukuran sama	dua sel yang sangat tidak setara
5	Kandungan makanan	Tidak ada	Ada
6	Ukuran sel	Sel-sel sperma jauh lebih kecil	Sel telur lebih besar
7	Kemampuan gerak	sel sperma motil	ovum immotile
8	Tempat pematangan sekunder	Dalam testis	Di luar ovarium
9	Awal proses	dimulai di masa pubertas	Oogenesis dimulai dari sebelum kelahiran
10	Lama proses	Spermatogenesis menghasilkan sel sperma pada satu waktu	Oogenesis hanya satu ovum per bulan



Gambar 8. Perbandingan proses oogenesis dan spermatogenesis

4. Perbedaan Mitosis dan Meiosis

Mitosis dan meiosis merupakan bagian dari cara reproduksi sel pada makhluk hidup. Menurut pengertiannya, sel adalah kumpulan materi paling sederhana yang dapat hidup dan merupakan unit penyusun semua makhluk hidup. Sel berkembang biak dengan cara membelah diri. Pembelahan diri pada sel ini dilakukan dengan 3 cara, yaitu amitosis, mitosis, dan meiosis.

Dari ketiga cara pembelahan diri pada sel yang bertujuan untuk berkembang biak ini, ada beberapa perbedaan yang perlu kita ketahui, terutama perbedaan antara mitosis dan meiosis. Jika amitosis merupakan proses pembelahan diri pada sel yang terjadi secara langsung tanpa adanya tahap-tahap tersendiri, maka mitosis dan meiosis membutuhkan beberapa langkah atau tahapan terlebih dulu.

Mitosis merupakan proses pembelahan sel dimana kromosom yang terdapat di dalam nukleus terbelah menjadi dua set kromosom identik. Sementara meiosis merupakan proses pembelahan sel dengan mengurangi jumlah kromosom menjadi setengahnya dan terjadi di setiap reproduksi seksual.

Pada pembelahan sel mitosis, diketahui tipe reproduksinya adalah aseksual. Sementara pembelahan meiosis adalah pembelahan sel dengan tipe reproduksi seksual.

Semua jenis organisme, baik mikro maupun makro akan mengalami atau melewati proses pembelahan sel secara mitosis. Sementara meiosis cenderung dialami oleh beberapa makhluk hidup seperti manusia, hewan, tumbuhan, dan juga jamur.

Pada pembelahan mitosis tidak terjadi percampuran genetik karena proses pembelahan diri bertipe reproduksi aseksual yang berkebalikan dengan meiosis. Untuk meiosis, proses pembelahan yang terjadi juga dianggap sebagai proses percampuran genetik.

Masih terkait dengan tipe atau jenis reproduksinya, pada mitosis tidak ada percampuran genetik yang membuat sifat sel anak dan sel induk jadi sama persis atau identik. Sementara sel anak dan sel induk pada proses pembelahan meiosis memiliki sejumlah perbedaan karena adanya percampuran genetik.

Mitosis biasanya terjadi pada proses reproduksi, pertumbuhan, dan perbaikan sel pada tubuh suatu organisme. Sementara meiosis terjadi untuk membedakan genetik suatu organisme melalui reproduksi seksual.

Mitosis hanya melewati satu proses pembelahan diri, sedangkan meiosis harus melalui dua proses pembagian, yaitu meiosis I dan meiosis II.

Proses mitosis menghasilkan dua sel diploid yang sama persis, sedangkan meiosis menghasilkan empat sel haploid dengan sedikit perbedaan pada setiap sel anak dengan induknya.

Proses pembelahan diri secara asexual pada mitosis membuat jumlah kromosom yang dihasilkan tidak mengalami perubahan atau tetap. Sementara pada meiosis yang merupakan pembelahan diri secara seksual membuat jumlah kromosom berubah menjadi setengah dari sel kromosom awalnya.

Mitosis harus melalui empat tahapan, yaitu profase, metafase, anafase, dan telofase. Sementara meiosis fasenya lebih panjang, akan tetapi tahapannya tak jauh berbeda, yaitu meiosis I terdiri dari profase I, metafase I, anafase I, telofase I, dan yang terakhir sitokinesis I. Kemudian untuk fase keduanya, profase II, metafase II, anafase II, telofase II, dan sitokinesis II.

Tabel 2. Perbedaan Mitosis dan Meiosis

No	Karakteristik	Mitosis	Meiosis
1	Jumlah tahapan pembelahan	1 tahap	2 tahap (meiosis 1 dan 2)
2	Sel yang mengalami pembelahan	Sel tubuh	Sel gamet
3	Jumlah kromosom hasil pembelahan	diploid	Haploid
4	Materi genetic	Sama dengan induknya	Berbeda karena telah mengalami crossing over
5	Tujuan pembelahan	Untuk regenerasi sel, pertumbuhan	Untuk mempertahankan spesies, agar jumlah kromosomnya tetap

C. Referensi

- Tribelli PM, Lopez NI. 2011. Poly(3-hydroxybutyrate) influences biofilm formation and motility in the novel Antarctic species *Pseudomonas extremaustralis* under cold conditions. *Extremophiles*. DOI: 10.1007/s00792-011-0384-1.
- Madigan MT. 2009. *Brock Biology of Microorganisms Twelfth Edition*. Pearson Benjamin Cummings.
- Nikiyan H, Vasilchenko A, Deryabin D. 2010. Humidity-Dependent Bacterial Cells Functional Morphometry Investigations Using Atomic Force Microscope. *Int J Microbiol*. Vol 2010. doi:10.1155/2010/704170.
- Maier RM, Pepper IL, Gerba CP. 2009. *Environmental Microbiology, 2nd Edition*. Elsevier. hlm. 91.
- Marler B. 2010. Clostridium Botulinum (Botulism).
1 http://www.foodborneillness.com/botulism_food_poisoning/.

Universitas
Esa Unggul