



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

Topik :

FERTILISASI DAN EMBRIOGENESIS

DISUSUN OLEH :

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

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

Universitas
Esa Unggul
2020

FERTILISASI DAN EMBRIOGENESIS

A. Kemampuan Akhir Yang Diharapkan

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan mahasiswa mampu :

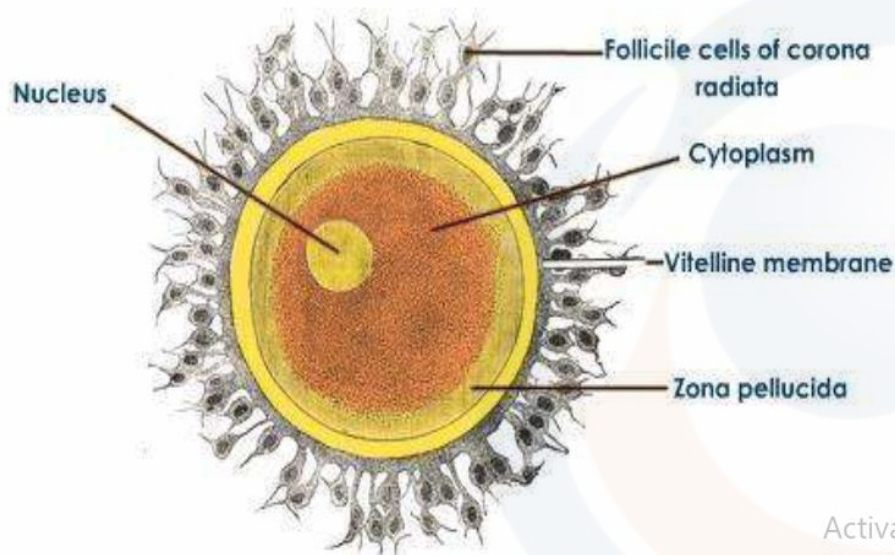
1. Menjelaskan tentang pengertian fertilisasi dan embriogenesis
2. Peranan fertilisasi dan embryogenesis bagi awal mula kehidupan

B. Uraian

1. Pendahuluan

Perkembang biakan makhluk hidup sangat diperlukan untuk mempertahankan keberadaan spesies tersebut di muka bumi ini. Demikian pula halnya dengan manusia, yang selalu ingin memiliki keturunan. Perkembangbiakan terjadi didahului dengan proses fertilisasi antara sel sperma dan sel ovum. Pengertian fertilisasi adalah pertemuan antara sel telur dan sperma di dalam tuba fallopi. Fertilisasi merupakan proses berfusnya pronukleus jantan pada sperma dengan pronukleus betina pada ovum hingga berbentuk zigot yang berlangsung di dalam tuba falopii (saluran telur). Sebelum proses fertilisasi, masing-masing ovum dan sperma mempersiapkan diri sehingga ovum siap difertilisasi dan sperma siap bergerak menuju ovum di tuba falopii.

Jika proses fertilisasi berhasil dilakukan maka tahap selanjutnya adalah proses pembentukan embrio yang dilakukan dengan pembelahan sel secara mitosis. Pembelahan sel embrio terus terjadi di sepanjang tuba falopii sampai akhirnya pada saat fase blastula, embrio siap melakukan implantasi.



Gambar 1. Fertilisasi sel telur dan sperma

2. Persiapan ovulasi

Oogenesis dimulai dengan adanya mitosis dan meiosis. Peristiwa mitosis sel induk (oogonium) terjadi dalam ovarium pada saat masih dalam rahim ibu, Ketika janin masih 4-6 bulan terjadi proses oogonium yang bermitosis menjadi oosit primer. Mitosis adalah proses pembelahan sel yang menghasilkan dua gamet (sel anak) yang identik. Pada saat bayi perempuan ini lahir, maka dalam ovariumnya sudah memiliki banyak oosit primer. Pada saat lahir seorang bayi perempuan memiliki sekitar 2 juta oosit primer dalam ovariumnya. Bayi perempuan akan tumbuh menjadi remaja dan akan mengalami masa pematangan oosit primer Ketika anak remaja ini sudah mengalami akil baligh.

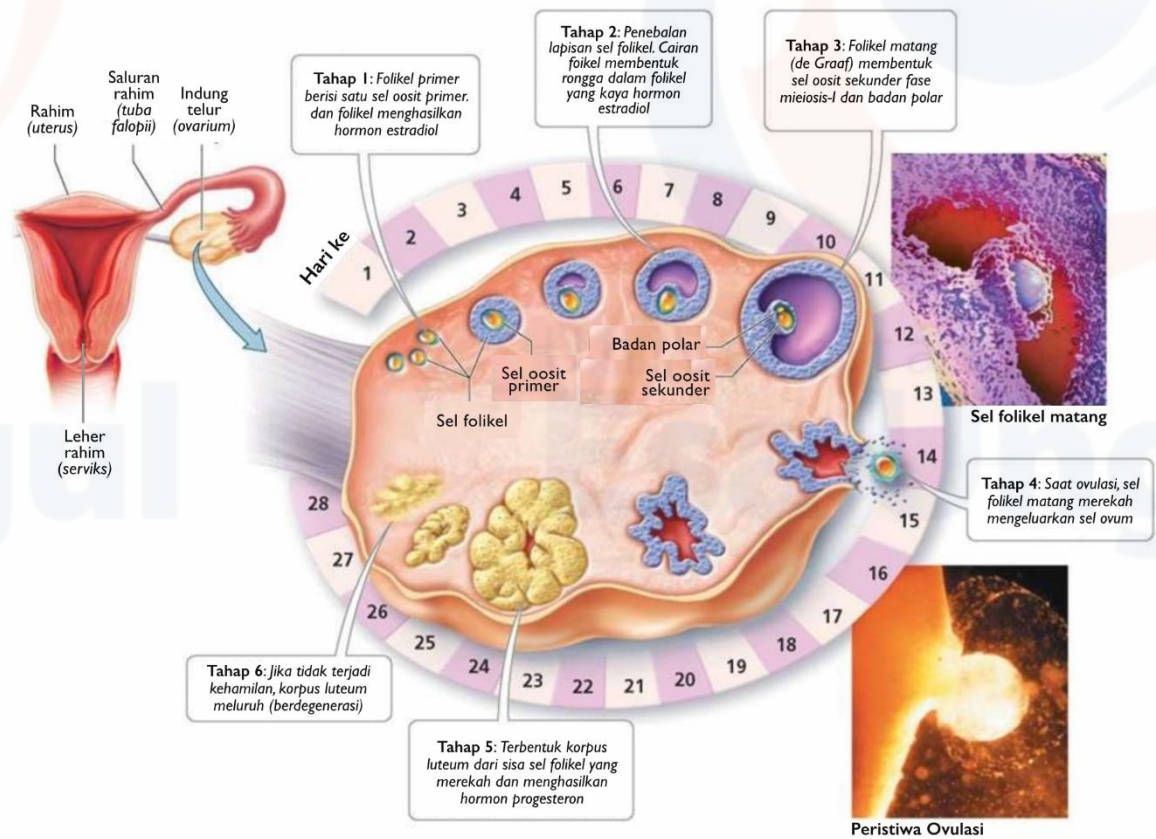
Saat akil baligh, oosit primer sendiri nantinya akan bermiosis menjadi dua bagian menghasilkan oosit sekunder. Namun satu oosit akan berkembang dan satu lagi menjadi badan polar pertama. Satu oosit memiliki banyak sitoplasma, sedangkan oosit lainnya tidak memiliki sitoplasma. Oosit yang memiliki banyak sitoplasma berukuran lebih besar daripada oosit yang tidak mempunyai sitoplasma. Oosit yang lebih kecil inilah yang disebut dengan badan polar pertama.

Pada saat akil baligh terjadi juga pematangan hormon yang dimulai oleh stimulasi hormon reproduksi yang dikenal sebagai hormon GnRH dilepaskan dari hipotalamus otak. Hormon ini bertugas untuk merangsang pelepasan dua hormon reproduksi utama lainnya seperti *Follicle Stimulating Hormone* (FSH) dan hormon *luteinizing* (LH) dari kelenjar pituitari di otak. FSH berfungsi untuk menstimulasi pematangan folikel di ovarium dari oosit primer menjadi oosit sekunder. Sementara itu LH bertugas untuk memproduksi hormon estrogen dan progesteron, yang keduanya memicu ovulasi. Hormon estrogen dan progesteron juga menyebabkan dinding rahim menjadi tebal untuk menciptakan tempat perkembangan sel telur yang sudah dibuahi. Estrogen juga berperan membuat sifat kewanitaan pada seorang wanita yang telah mencapai akil baligh.

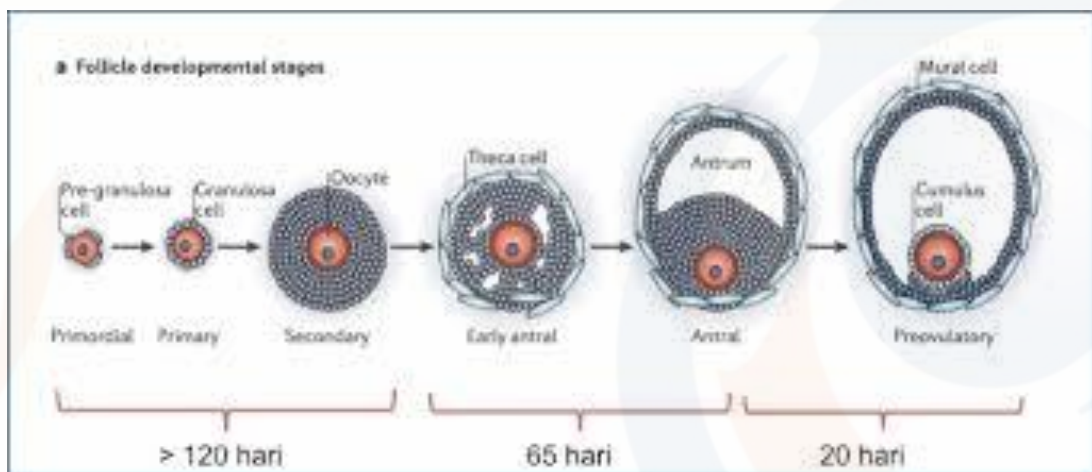
Dari 2 juta oosit primer yang ada hanya sekitar 400 ratus saja yang bisa bertahan hingga menjadi folikel matang. Folikel matang sendiri adalah kantong kecil yang memiliki dinding sel dan di dalamnya terdapat satu sel telur. Sel telur ini yang kemudian akan dilepaskan selama masa reproduksi. Perlu dipahami bahwa seiring bertambahnya usia, maka kualitas serta kuantitas ovum yang tersisa akan semakin mengalami penurunan. Hal ini adalah normal.

Pembelahan ini terjadi setiap bulan, setiap oosit primer akan mengalami pembelahan tahap meiosis 1 menjadi miosit sekunder. Oosit primer berada dalam folikel (kantong oosit), seiring dengan proses pembelahan meiosis 1 maka folikel ini pun akan

berkembang dari mulai folikel primer, folikel sekunder, folikel tersier dan saat oosit primer siap untuk dikeluarkan dari ovarium maka folikel berkembang menjadi folikel de graff.



Gambar 2. Oosit primer melakukan meiosis tahap 1 dari hari pertama yang diiringi dengan perkembangan folikel dari primer, sekunder, tersier dan folikel de graff sampai hari ke 14



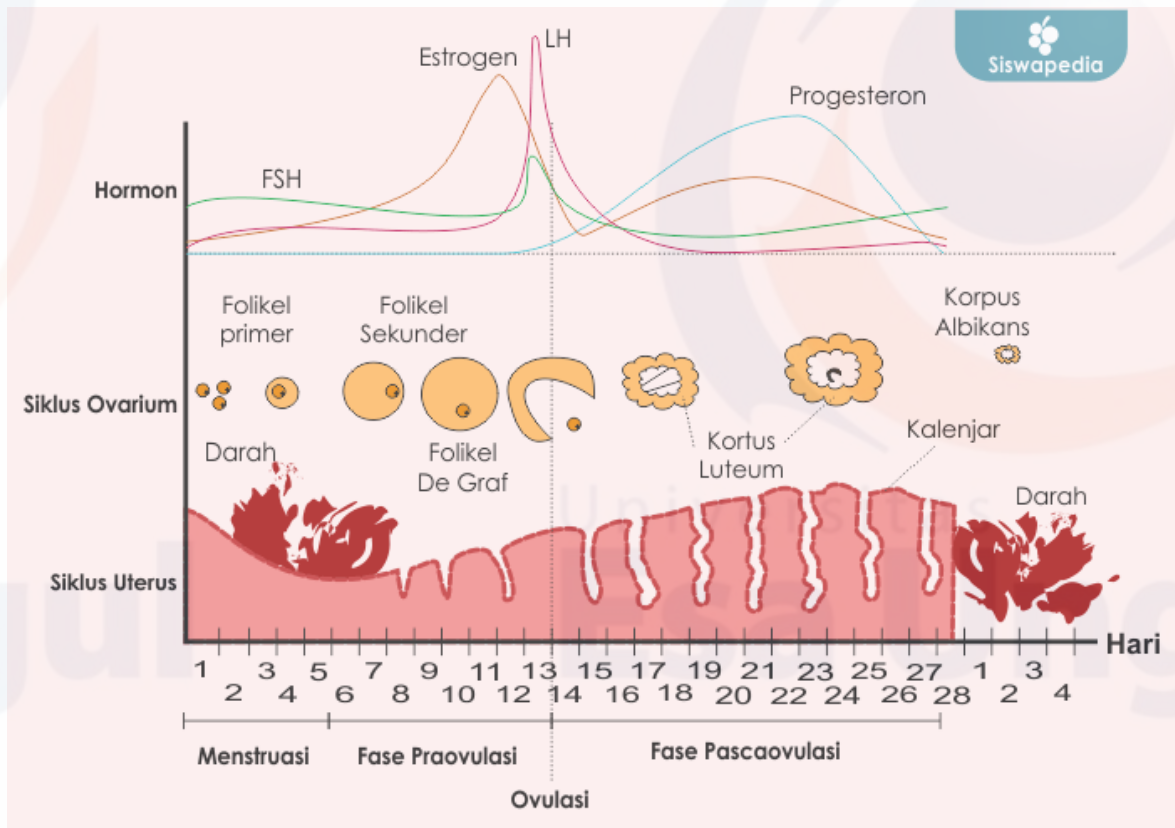
Gambar 3. Perkembangan oosit primer menjadi oosit sekunder

Pada saat oosit primer telah menjadi oosit sekunder maka terjadi ovulasi yaitu keluarnya oosit sekunder dari ovarium menuju tuba falopii. Folikel de graff yang ditinggalkan oleh oosit sekunder akan berdegenerasi menjadi corpus luteum. Proses ini terjadi setiap sebulan sekali. Corpus luteum akan mengeluarkan hormone progesterone yang berperan menebalkan lapisan endometrium yang siap menampung janin jika terjadi fertilisasi. Jika tidak terjadi fertilisasi maka lapisan endometrium akan luluh menjadi darah menstruasi.

Oosit sekunder yang telah ovulasi masuk ke dalam tuba falopii. Jika oosit sekunder tidak dibuahi maka akan luruh bersama dinding endometrium menjadi darah menstruasi. Sebaliknya jika oosit sekunder difertilisasi oleh sperma, maka saat kepala sperma menyentuh lapisan telur, maka secepatnya oosit sekunder akan melakukan tahap meiosis 2 menjadi ovum dan siap bergabungnya kromosom ovum dan sperma.

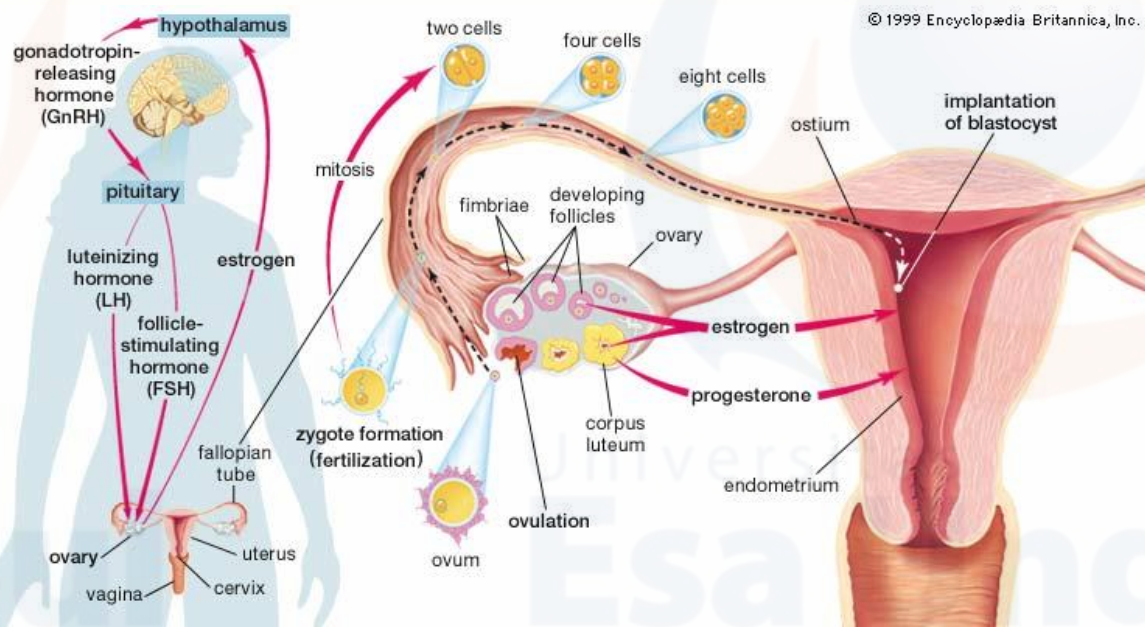
Ada beberapa tahapan ovulasi di antaranya:

1. **Periovulatori.** Ini adalah tahapan ketika lapisan sel-sel telur mulai dilapisi dengan lendir dan bersiap untuk bergerak keluar menuju rahim. Di sisi lain, rahim pun sudah mempersiapkan diri untuk menerima telur, sehingga dinding-dindingnya akan menebal.
2. **Ovulasi.** Pada tahap ini, ada enzim khusus yang dimiliki tubuh untuk membentuk lubang agar memudahkan sel telur bergerak melalui tuba falopi, yaitu saluran yang menghubungkan indung telur ke rahim. Telur yang matang akan masuk ke dalam saluran tersebut dan melewatinya hingga mencapai rahim. Dalam tahap ini, biasanya terjadi pembuahan. Pembuahan (pertemuan sel telur dan sel sperma) terjadi di tuba falopi dan dapat berlangsung sekitar 24 hingga 48 jam.
3. **Postovulatori.** Jika telur berhasil dibuahi oleh sperma, telur itu akan langsung ditanam tubuh di dinding-dinding rahim dengan bantuan *Luteinizing hormon* (LH). Akan tetapi jika pembuahan tidak terjadi, maka telur dan dinding rahim yang sudah menebal ini akan meluruh. Dinding rahim sendiri dipenuhi dengan pembuluh-pembuluh darah, sehingga jika dinding tersebut meluruh akan keluar darah dari vagina.



Gambar 4. Siklus menstruasi

Sel telur sering digambarkan sebagai 'pemain' pasif yang hanya menunggu sperma pertama datang dan masuk ke dalamnya. Faktanya, penelitian menunjukkan bahwa sel telur memiliki peran yang jauh lebih besar dari perkiraan tersebut karena sel telur ternyata cukup pemilih. Sel telur sebenarnya akan memilih sperma mana yang boleh memasukinya. Studi ini juga menunjukkan bahwa sel telur akan menjerat sperma yang sudah dipilihnya di permukaan mereka. Akibatnya, sperma tidak memiliki pilihan lain. Saat sperma yang sudah terpilih masuk ke dalamnya, lapisan luar sel telur akan mengeras untuk mencegah sperma lain memasukinya.



Gambar 5. Proses pematangan oosit primer dan ovulasi yang distimulasi oleh hormone

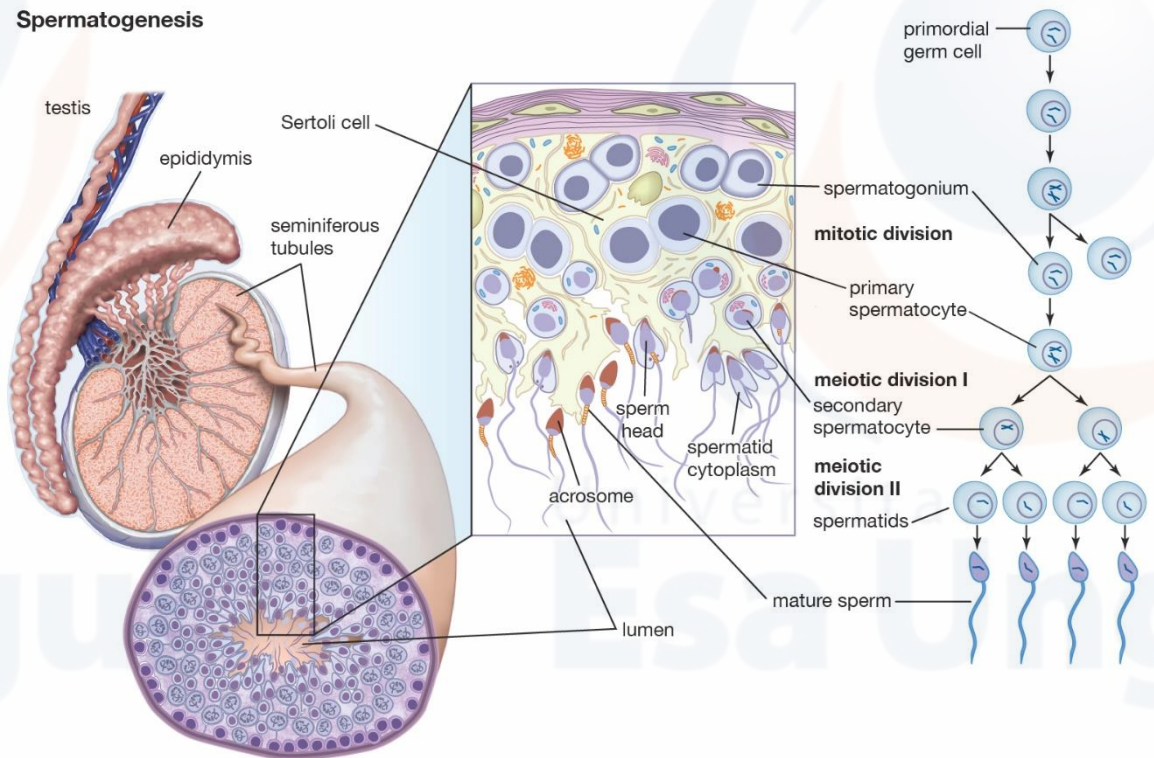
3. Persiapan sperma

Spermatogenesis merupakan proses pembentukan spermatozoa. Spermatozoa merupakan sel yang dihasilkan oleh fungsi reproduksi pria. Spermatozoa merupakan sel hasil maturasi dari sel germinal primordial yang disebut dengan spermatogonia. Spermatogonia berada pada dua atau tiga lapisan permukaan dalam tubulus seminiferus. Spermatogonia mulai mengalami pembelahan mitosis, yang dimulai saat pubertas, dan terus berproliferasi dan berdiferensiasi melalui berbagai tahap perkembangan untuk membentuk sperma

Spermatogenesis terjadi di tubulus seminiferus selama masa seksual aktif akibat stimulasi oleh hormon gonadotropin yang dihasilkan di hipofisis anterior, yang dimulai rata-rata pada umur 13 tahun dan terus berlanjut hampir di seluruh sisa kehidupan, namun sangat menurun pada usia tua

Testis merupakan kelenjar kelamin yang berjumlah sepasang dan akan menghasilkan sel-sel sperma serta hormon testosteron. Dalam testis banyak terdapat saluran halus yang disebut tubulus seminiferus. Epididimis merupakan saluran panjang yang berkelok yang keluar dari testis. Berfungsi untuk menyimpan sperma sementara dan mematangkan sperma. Vas deferens merupakan saluran panjang dan lurus yang mengarah ke atas dan berujung di kelenjar prostat. Berfungsi untuk mengangkut sperma menuju vesikula seminalis. Saluran ejakulasi merupakan saluran yang pendek dan menghubungkan vesikula seminalis dengan urethra. Urethra merupakan saluran panjang terusan dari saluran ejakulasi dan terdapat di penis.

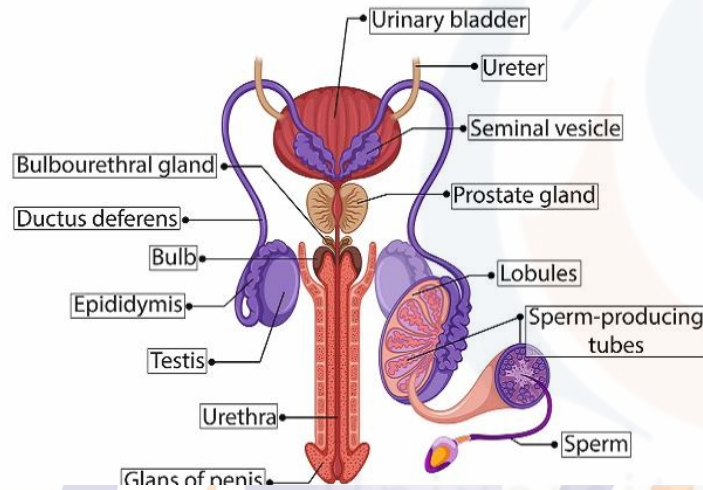
Spermatogenesis



Gambar 6. Proses spermatogenesis dalam tubulus seminiferous dalam testis

Kelenjar pada organ reproduksi pria:

- Vesikula seminalis merupakan tempat untuk menampung sperma sehingga disebut dengan kantung semen, berjumlah sepasang. Menghasilkan getah berwarna kekuningan yang kaya akan nutrisi bagi sperma dan bersifat alkali. Berfungsi untuk menetralkan suasana asam dalam saluran reproduksi wanita.
- Kelenjar Prostat merupakan kelenjar yang terbesar dan menghasilkan getah putih yang bersifat asam.
- Kelenjar Cowper's/Cowper/Bulbourethra merupakan kelenjar yang menghasilkan getah berupa lendir yang bersifat alkali. Berfungsi untuk menetralkan suasana asam dalam saluran urethra.



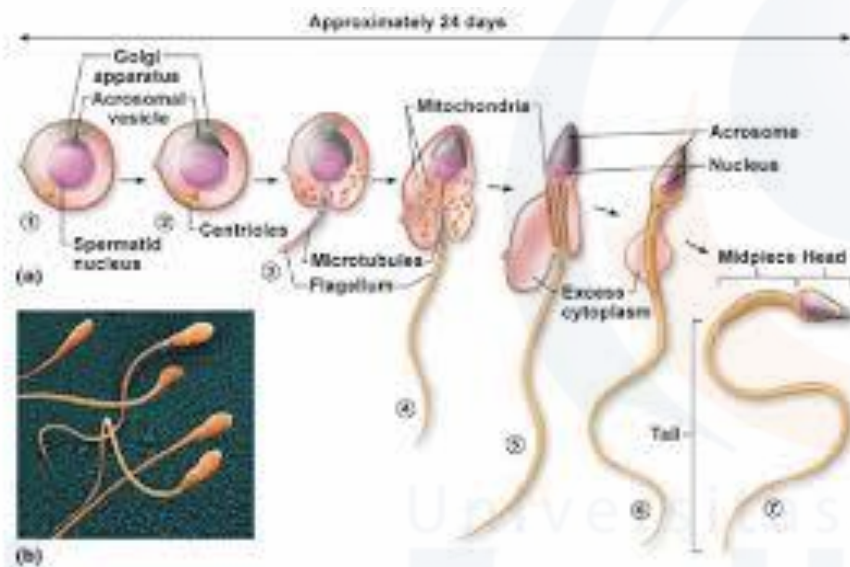
Gambar 7. Hormon kelenjar reproduksi pria dan alat reproduksi pada pria

Spermatozoa merupakan sel yang dihasilkan oleh fungsi reproduksi pria. Sel tersebut mempunyai bentuk khas yaitu mempunyai kepala, leher dan ekor. Spermatozoa merupakan sel hasil maturasi dari sel epitel germinal yang disebut spermatogonia. Spermatogonia terletak dalam dua sampai tiga lapisan sepanjang batas luar epitel tubulus. Proses perkembangan spermatogonia menjadi spermatozoa disebut spermatogenesis

Proses spermatogenesis terjadi di dalam tubulus seminiferus selama kehidupan seksual aktif. Hal ini sebagai akibat dari rangsangan oleh hormon gonadotropin yang dihasilkan oleh hipofisis anterior dan dimulai rata-rata pada usia 13 tahun dan berlangsung sepanjang hidup.

Pada tahap pertama dari spermatogenesis, spermatogonia primitif berkumpul tepat di tepi membrane basal dari epitel germinativum, disebut spermatogonia tipe A, membelah empat kali untuk membentuk 16 sel yang lebih berdiferensiasi, yaitu spermatogonia tipe B. Pada tahap ini, spermatogonia bermigrasi ke arah sentral di antara sel-sel Sertoli. Sel-sel Sertoli mempunyai membran yang sangat kuat berlekatan satu sama lain pada bagian dasar dan bagian sisi, sehingga dapat membentuk suatu lapisan pertahanan yang mencegah dari penetrasi dari kapiler-kapiler yang mengelilingi tubulus. Namun spermatogonia yang sudah dipersiapkan untuk menjadi spermatozoa dapat menembus lapisan pertahanan tersebut.

Semua tahap perubahan akhir dari spermatosit menjadi spermatozoa terjadi ketika spermatid terdapat pada lapisan sel-sel Sertoli. Sel-sel Sertoli memelihara dan mengatur proses spermatogenesis. Seluruh masa spermatogenesis, dari sel germinal sampai spermatozoa terbentuk membutuhkan waktu kira-kira 64 hari.



Gambar 8. Proses perubahan spermatosit yang bulat menjadi spermatozoa yang berekor panjang

Mekanisme fertilisasi pada manusia membuktikan betapa pentingnya motilitas sperma pada proses tersebut. Motilitas sangat diperlukan oleh spermatozoa untuk mencapai ovum, mencapai membran telur dan mengadakan penetrasi dalam fertilisasi. Oleh karena itu seringkali gangguan motilitas spermatozoa menjadi penyebab infertilitas pria walaupun jumlah spermatozoa dalam batas cukup.

Gangguan motilitas dapat ditimbulkan oleh beberapa faktor yaitu kurangnya energi yang dihasilkan oleh mitokondria, terlalu banyak zat koagulasi dalam semen sehingga menghalangi gerakan spermatozoa, dan kerusakan struktur normal terutama pada ekor (flagel) yang merupakan satu-satunya alat gerak spermatozoa. Kerusakan pada ekor yang dimaksud dapat berupa kerusakan tingkat ultrastruktural seperti kerusakan membrane pembungkus ekor spermatozoa dan kerusakan aksonem

4. Proses Fertilisasi

Peristiwa fertilisasi terjadi di saat sel spermatozoa dilepaskan dan dapat membuahi ovum di ampulla tuba fallopii. Sebanyak 300 juta spermatozoa diejakulasikan ke dalam saluran genital wanita. Sekitar 1 juta yang dapat berenang melalui serviks, ratusan yang dapat mencapai tuba fallopi dan hanya 1 yang dapat membuahi sel telur. Sel spermatozoa mempunyai rentang hidup sekitar 48 jam. Sebelum membuahi sel telur, spermatozoa harus melewati tahap kapabilitas dan reksi akrosom terlebih dahulu. Kapabilitas merupakan suatu masa penyesuaian di dalam saluran reproduksi wanita, berlangsung sekitar 7 jam.

Struktur sperma pada sperma memiliki beberapa bagian sebagai berikut, kepala yang berinti tebal dan sedikit sitoplasma yang diselubungi tebal yang disebut akrosom.

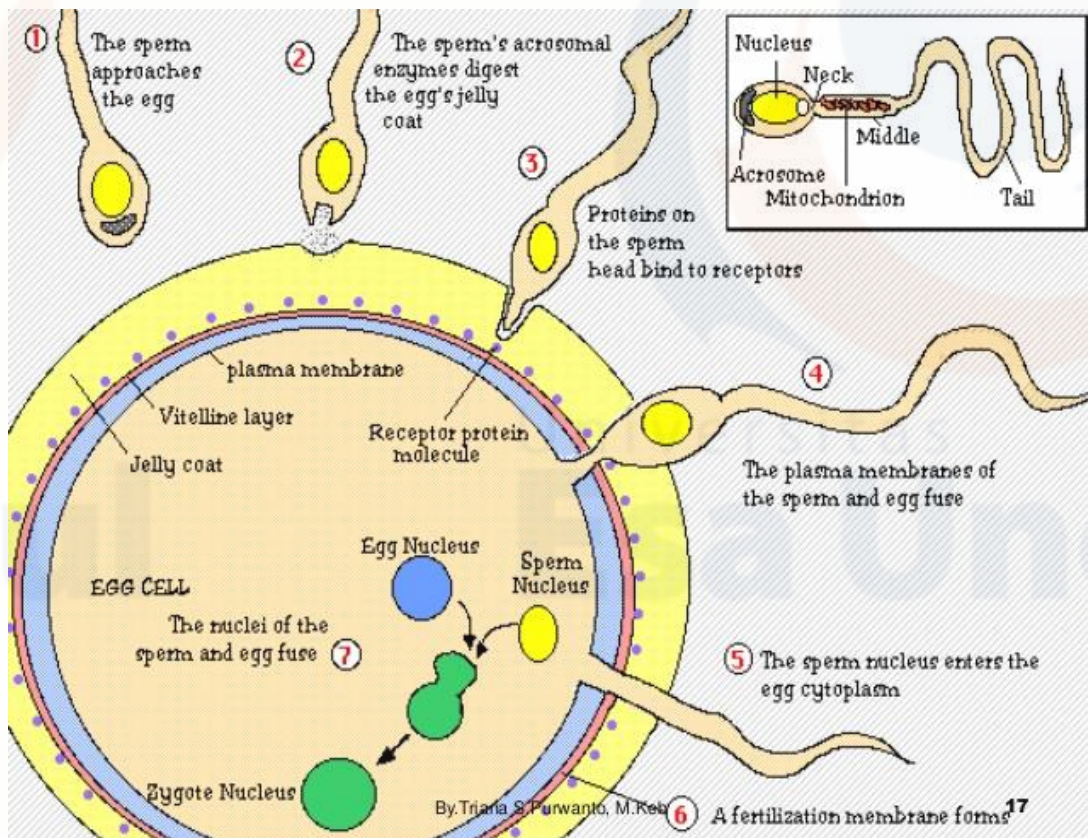
Badan sperma yang terletak di bagian tengah sperma dan banyak mengandung mitokondria sebagai penghasil energi untuk pergerakan sperma. Ekor untuk alat pergerakan sperma. Selama itu suatu selubung glikoprotein dari plasma semen dibuang dari selaput plasma yang membungkus daerah akrosom spermatozoa. Sedangkan reaksi akrosom terjadi setelah penempelan spermatozoa ke zona pelusida. Reaksi tersebut membuat pelepasan enzim-enzim yang diperlukan untuk menembus zona pelusida yang terdapat pada akrosom .

Oosit (ovum) akan mencapai tuba satu jam lebih setelah diovulasikan. Ovum ini dikelilingi oleh korona dari sel-sel kecil dan zona pelusida yang nantinya akan menyaring sel spermatozoa yang ada sehingga hanya satu sel yang dapat menembus ovum.

Pada bagian akrosom sperma menghasilkan enzim, sebagai berikut: Hialuronidase, enzim yang dapat melarutkan hialuronid pada corona radiata, sehingga sperma dapat menembus ovum. Akrosin, protease yang dapat menghancurkan glikoprotein pada zona pelusida Anti Fertilizin, antigen terhadap ovum sehingga sperma dapat melekat pada sel telur. Kemudian mengeluarkan akrosin untuk menghancurkan glikoprotein pada zona pelusida dan anti fertilizin agar dapat melekat pada oosit sekunder. Proses di sel telur Sel-sel granulosit di bagian korteks oosit sekunder mengeluarkan senyawa tertentu. Itu terjadi agar zona pelusida tidak dapat ditembus oleh sperma yang lainnya

Fertilisasi atau pembuahan merupakan proses berfungsinya pronukleus jantan pada sperma dengan pronukleus betina pada ovum atau sel telur. Proses tersebut berbentuk zigot yang berlangsung di dalam tuba falopii (saluran sel). Peristiwa penting pertama dalam pembuahan adalah penggabungan membran dari dua gamet. Kemudian menghasilkan pembentukan saluran yang memungkinkan lewatnya bahan dari satu sel ke sel lainnya.

Nantinya penetrasi sperma akan merangsang sel telur. Itu dilakukan untuk menyelesaikan proses meiosis II yang menghasilkan tiga badan polar dan ovum. Setelah penetrasi Setelah sperma memasuki oosit sekunder, inti atau nukleus pada kepala sperma akan membesar dan ekor sperma akan berdegradasi. Penggabungan inti Selanjutnya penggabungan ini sperma yang mengandung 23 kromosom dengan inti ovum yang mengandung 23 kromosom. Proses tersebut kemudian sehingga menghasilkan zigot. Pematangan adalah langkah terakhir dalam produksi telur fungsional (oogenesis) yang dapat berasosiasi dengan spermatozoon dan mengembangkan reaksi mencegah masuknya lebih dari satu spermatozoon. Selain itu, sitoplasma telur yang matang dapat mendukung perubahan yang mengarah pada fusi spermatozoal dan inti telur dan memulai perkembangan embrionik.



Gambar 9. Penetrasi sperma saat fertilisasi dan menembus lapisan ovum

Hasil pembuahan adalah sel (zigot) yang mampu menjalani pembelahan sel untuk membentuk individu baru. Fertilisasi terjadi pada oosit sekunder yang mengandung ovum yang dibuahi oleh sperma dan terjadi di tuba falopii. Untuk kejadiannya fertilisasi sebagai berikut: Penetrasi sperma Oosit sekunder mengeluarkan fertilizin untuk menarik sperma agar mendekati. Sperma harus menembus lapisan-lapisan yang mengelilingi oosit (telur yang belum matang) sekunder dengan cara mengeluarkan enzim hialuronidase untuk melarutkan senyawa hialuronid pada corona radiata.

5. Embriogenesis

Proses ini diawali adanya fertilisasi, ketika sel sperma berhasil masuk dan menyatu dengan sel telur (ovum). Bahan genetik dari sperma dan sel telur kemudian bergabung membentuk sel tunggal yang disebut zigot dan berkembang ke tahap germinal. Tahap germinal, mengacu dari pembuahan, perkembangan embrio awal sampai implantasi selesai dalam rahim. Selama tahap ini, zigot, yang didefinisikan sebagai embrio yang mengandung materi genetik lengkap mulai membagi, dalam proses yang disebut pembelahan.

Tahap embrio dimulai dari proses fertilisasi (penyatuan sel telur dan sperma), kemudian terbentuk zigot yang mengalami proses pembelahan. Tahap embrio dikelompokkan menjadi beberapa fase, yaitu fase pembelahan (cleavage) yang membentuk morula, fase blastula, fase gastrula, fase diferensiasi, serta organogenesis.

a) Fase Morula

Pada fase ini zigot mengalami pembelahan berkali-kali. Pembelahan zigot terjadi secara mitosis, yaitu dimulai dari satu menjadi dua, dua menjadi empat, dan seterusnya. Pada saat pembelahan sel terjadi pembelahan yang tidak bersamaan. Embrio yang terdiri dari 16-64 sel inilah yang disebut morula.

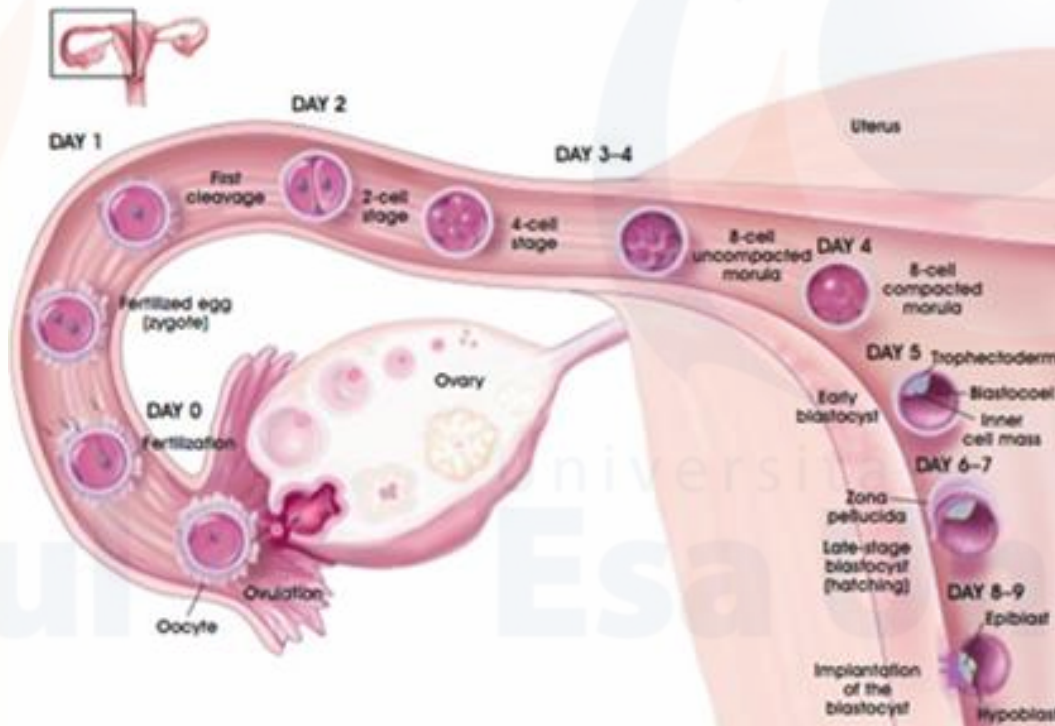
b) Fase Blastula

Pada fase blastula terjadi pembagian sitoplasma ke dalam dua kutub yang dibentuk pada fase morula. Pada fase ini kutub fungsional dan kutub vegetatif telah selesai dibentuk. Hal ini ditandai dengan dibentuknya rongga di antara kedua kutub yang berisi cairan dan disebut blastosol / blastocoel. Embrio yang memiliki blastosol disebut blastula. Proses pembentukan blastosol disebut blastulasi.

c) Fase Gastrula,

Embrio mengalami proses diferensiasi dengan mulai menghilangkan blastosol. Sel-sel pada kutub fungsional akan membelah dengan cepat. Akibatnya, sel-sel pada kutub vegetatif membentuk lekukan ke arah dalam (invaginasi). Invaginasi akan membentuk dua formasi, yaitu lapisan luar (ektoderm) dan lapisan dalam (endoderm). Bagian tengah gastrula disebut dengan arkenteron. Bagian luar yang terbuka pada gas menuju arkenteron disebut dengan blastofor. Pada fase ini akan terjadi lanjutan diferensiasi sebagian endoderm menjadi bagian mesoderm. Pada akhir dan gastrula telah terbentuk bagian endoderm, mesoderm, ektoderm.

Embriogenesis berlanjut dengan tahap berikutnya yaitu gastrulasi ketika tiga lapisan di bentuk dalam proses yang disebut histogenesis, dan proses neurulasi dan organogenesis. Hewan triploblastik dikelompokkan menjadi tiga berdasarkan ada tidaknya selom (berasal dari kata coelom = ruangan yang berongga) dan bagaimana selom tersebut dibentuk selama embriogenesis. Kelompok hewan tersebut yaitu aselomata, pseudoselomata, dan selomata (euselomata). Hewan aselomata tidak memiliki pseudoselomata memiliki selom semu, contohnya cacing tanah. Hewan selomata yang memiliki selom sesungguhnya, misalnya manusia.



Gambar 10. Fase pertumbuhan embrio dari mulai cleavage, morula, blastula dan gastrula

d) Diferensiasi dan Organogenesis

Pada fase ini mulai terjadi diferensiasi dan organogenesis pada struktur dan fungsi sel untuk menjadi jaringan yang spesifik. Proses ini dikendalikan oleh faktor gen yang dibawa pada saat terjadi pembentukan kutub fungsional dan kutub vegetatif. Pada akhirnya masing-masing bagian endoderm, mesoderm, dan ektoderm akan mengalami diferensiasi menjadi organ-organ sebagai berikut:

- a) Ektoderm akan mengalami diferensiasi menjadi epidermis, rambut, kelenjar minyak, kelenjar keringat, email gigi, sistem saraf, dan saraf reseptor.
- b) Mesoderm akan mengalami diferensiasi menjadi tulang, jaringan ikat, otot, sistem peredaran darah, sistem ekskresi misalnya duktus deferens, dan sistem reproduksi
- c) Endoderm akan mengalami diferensiasi menjadi jaringan epitel pencernaan, sistem pernapasan, pankreas dan hati serta kelenjar gondok.

Dalam proses diferensiasi dan organogenesis, bagian yang berdekatan saling mempengaruhi. Sebagai contoh, bagian mesoderm akan mempengaruhi ektoderm dalam diferensiasi untuk perkembangan alat gerak, yaitu sebagian berasal dari sel ektoderm dan sebagian dari mesoderm. Setelah tahap embrio selesai, embrio yang disebut janin siap dilahirkan.

Embrio disebut sebagai janin dalam tahap akhir perkembangan prenatal, biasanya dimulai di awal minggu kesembilan. Seluruh proses embriogenesis melibatkan perubahan

spasial dan temporal terkoordinasi dalam ekspresi gen, pertumbuhan sel dan diferensiasi sel.

Embrio merupakan suatu tingkat perkembangan atau kehidupan awal individu, yang dimulai sejak terjadinya pembuahan sampai sebelum dicapainya suatu bentuk, struktur maupun fungsi yang sudah tetap, seperti pada orang tuanya. Dalam istilah biologi, perkembangan manusia memerlukan pertumbuhan dari zigot bersel satu ke manusia dewasa. Proses penciptaan manusia dalam rahim diawali ketika sel sperma berhasil masuk dan menyatu dengan sel telur (fertilisasi). Embrio yaitu pembentukan, pertumbuhan pada tingkat permulaan dan perkembangan embrio.

Bahan genetik dari sperma dan sel telur kemudian bergabung membentuk sel tunggal yang disebut zigot dan berkembang ke tahap germinal. Pada fase delapan minggu pertama perkembangan disebut embrio, dan pada awal minggu kesembilan embrio disebut janin. Kajian embriologi manusia adalah studi tentang perkembangan selama delapan minggu pertama setelah pembuahan sampai tahap germinal, mengacu dari pembuahan, perkembangan embrio awal sampai implantasi selesai dalam rahim. Tahap germinal memakan waktu sekitar 10 hari. Selama tahap ini, zigot, yang didefinisikan sebagai embrio yang mengandung materi genetik lengkap mulai membagi, dalam proses yang disebut pembelahan.

Referensi

- Alberts,B. Et al.2010. Moleculer Biology of the Cell. New York : Garland Publising.
- Bogen, HJ.2009. Modern Biology. London : Weindenfeld Nicolson.,
- Subowo. 2012. Biologi Sel. Bandung : Pencetak/Penerbit Elstar Offset.
- Yatim W. 2013. Biology Modern. Bandung : Penerbit transito.
- Yatim W.2010. Biology Sel. Bandung ; Penerbit Transito.
- <http://www.sainstekno.net/2018/11/20/mengenal-transpor-elektron>